מערכות

תקשורת נתונים

מאת אריה סקופ



ערך יצחק עמיהוד

ספרי לימוד והכשרה במדעי המחשב

הוצאת הוד-עמי בשיתוף המכון לפריון העבודה והייצור

מערכות
תקשורת
נתונים

מערכות

תקשורת נתונים

מאת אריה סקופ

ערך יצחק עמיהוד
דפנה הניג

ספרי לימוד והכשרה במדעי המחשב

הוצאת הוד-עמי בשיתוף המכון לפריון העבודה והייצור

DATA COMMUNICATION SYSTEMS

By Arie Scope

edited by Itzhak Amihud

הוצאת הוד-עמי
לספרי מחשבים
ת.ד. 560 רמת-גן 52 105

הודפס בישראל
חשוון תשמ״ב, נובמבר 1981

סדר: תמ״א - תעשיות מידע
דפוס סגל, תל-אביב

מוקדש

לרעייתי אילה

הקדמה

מטרת הספר שלפנינו להסביר את המרכיבים השונים של **מערכות עיבוד בתקשורת** ולשמש כמדריך בתחומים המקצועיים־טכניים של **תקשורת נתונים** (Data Communication) **ומערכות עיבוד־רחק** (Teleprocessing Systems).

הספר נועד להכשיר מנתחי־מערכות המתכננים מערכות תקשורת נתונים, להדריך מפקחי רשתות, ולסייע למשתמשים להציג את דרישותיהם ולהשתתף בשלבי פיתוח ותכנון מערכות יישומים בתקשורת.

התקשורת והחברה

תקשורת הינה פעילות אנושית בסיסית אשר לזכותה אפשר לזקוף התפתחות תרבויות, וגם את שקיעתן. התקשורת האנושית התנהלה בתחילתה בסימני תנועה ובאותות קוליים שהשמיע אדם אל רעהו, ולאחר מכן התפתחה לתקשורת בסימני ציור וכתב.

הקשר הפיסי הנוח באמצעות מסילות הברזל והרכב המנועי בין פרטים ואוכלוסיות רחוקים זה מזה, סייע לתהליך המהפכה התעשייתית. אך הקרבה שנוצרה עם התפתחות אמצעי התקשורת כמו הטלגרף, הטלפון, הרדיו, הצילום והטלוויזיה הביאו גם למהפכה חברתית. אנו נמצאים כעת בעיצומו של שלב נוסף במהפכה התעשייתית־חברתית – שלב תקשורת הנתונים ופיתוח מערכות עיבוד־רחק.

התפתחות אמצעי התקשורת הביאה לפיתוח מערכות עיבוד בתקשורת מתמחות לשירותם של משתמשים בעלי ענין משותף. מערכות אלו היו בעיקר מערכות תקשורת נתונים אלקטרוניות אשר החליפו חלק מתקשורת הנתונים אשר נעשתה קודם לכן בכתב באמצעות מסמכים. הוקמו מערכות תקשורת לשירותם של מדענים, עובדי מפעלים, לקוחות ופקידי בנקים, לקוחות ופקידי חברות תעופה ואחרים.

טכנולוגית התקשורת הינה בעיצומה של תקופת שינויים, פיתוח והמצאות אשר יגרמו בשנים הבאות למהפכה במושגים הקיימים בנושאי תקשורת נתונים ועיבוד־רחק. מבין ההמצאות החשובות אפשר להזכיר את מיזעור הרכיבים האלקטרוניים ופיתוח מחשבים זעירים ומיקרו־מתשבים, לוויני התקשורת, קרני ליזר כאמצעי תקשורת, שיטות אפנון ספרתי, מחשבים זולים מותאמים למשימות מוגדרות, נוהלי תקשורת ומערכות תוכנה תומכות, יחידות לאחסון רב־מידות ועוד.

תקשורת נתונים ומערכות עיבוד־רחק פותחות בפנינו אפשרויות רבות ותחומי פעילות לקידום התרבות האנושית. אפשר להבחין בכך בשיפור הקשר בין עמים ותרבויות ובהפצת הידע ביניהם, בחינוך, בניהול, בפיתוח התעשיה והמסחר ובפיתוח שירותים רבים ומגוונים. עם זאת, לא נתעלם מכך שהשליטה הכוללת המתאפשרת ללא מגבלות מרחק עלולה לגרום להשתלטות ולהתפתחות שלטון עריץ. ידע הנצבר במהירות וניתן לשליטה מיידית יכול לגרום לדיכוי חופש הפרט כשם שהוא יכול להביא להתפתחות, צמיחה ושגשוג חברתי.

התפתחות תקשורת נתונים ועיבוד רחק

המחשב מעבד נתונים גולמיים במטרה להפיק מידע מועיל אשר משתמשים בו בתהליכי הניהול והביצוע בארגון. הפצת המידע נדרשת לעיתים סמוך מאד למועד קליטתו במחשב או סמוך למועד יצירתו. אפשר להשיג מטרה זו באמצעים המאפשרים גישור על פני המרחק הפיסי שבין יוצר הנתונים והמשתמש בהם לבין המחשב המבצע את העיבוד. **תקשורת נתונים** הינה האמצעי המאפשר **עיבוד רחק** שמשמעו גישה ממרחקים אל משאבי מערכת העיבוד. **המשתמש** (User) אינו מביא את הנתונים להזנה ביחידות הקלט הסמוכות למחשב ואינו מקבל את הדוח המודפס במדפסת המחשב כפי שהוא נוהג בעת עיבוד באצווה (Batch). המשתמש במערכת עיבוד־רחק מציג שאילתה, נותן הוראה או מזין נתונים באמצעות **מסוף** (Terminal) המותקן במקום עבודתו או סמוך לו. הנתונים משודרים מהמסוף אל המחשב **באפיקי תקשורת** (Communication Channels) ממרחקים של עשרות או אף אלפי קילומטרים. המחשב מעבד את הקלט על פי הדרישה ומשדר את המידע המופק אל המסוף שפנה אליו או אל מסופים אחרים. אופן עיבוד זה קרוי **עיבוד מקוון** (On-line).

מערכת עיבוד־רחק מאפשרת יעול ושיפור תהליכי עבודה של המשתמשים ויכולה לתרום גם לשיפור תהליכי השליטה והבקרה הנדרשים במערכות ארגוניות שונות. כדי להתקיים בסביבה דינמית זקוקים ארגונים, מוסדות ומפעלים קטנים וגדולים כאחד **למידע** שלם, מרוכז ומעודכן המקיף את כל תחומי הפעילות שלהם. המידע נדרש בכל עת ובתגובה מיידית לצורך כלשהו כדי שיתמוך בפעילויות ניהול ובהחלטות תפעוליות, טקטיות ואסטרטגיות.

מערכת עיבוד־רחק מאפשרת לכל חלקי הארגון ושלוחותיו לפעול כיחידה אורגנית אחת באשר הנתונים זורמים באופן שוטף וניתנים לשימוש הכלל מיד עם קליטתם. מידע חיוני יכול להיות מופץ מיידית לכל השלוחות של הארגון לפעולה מיידית. המסופים המקוונים מאפשרים גישה של משתמשים מרוחקים אל המחשב המרכזי כדי לנצל את המשאבים וכושר העיבוד שלו וכדי לקבל שירותי תוכנה ובסיסי נתונים המותקנים בו.

ככל שגדלים צורכיהם של המשתמשים בתקשורת גדל גם הצורך בפיתוח מערכות עיבוד נתונים נוחות יותר לשימוש וגמישות יותר בשינויים. התפישה החדשה לתכנון **רשתות נתונים** (Data Networks) גורסת שיש צורך במתכונת אחידה שתאפשר לעמוד בדרישות עכשויות ובדרישות עתידיות.

התפתחות מערכות עיבוד בתקשורת קרבה את המחשב אל המשתמש שאינו איש מקצוע בעיבוד נתונים. הפעלת המערכת לשביעות רצונו תושג כאשר בעת עיצוב המערכת תהיה התחשבות רבה יותר בצרכיו, ציפיותיו ומגבלותיו. הגורם הראשון בחשיבותו הוא הפסיכולוגיה של המשתמש בתהליך הפעולה ההדדית של אדם ומכונה. הגורם השני הוא האפשרות של המשתמש לשפר את **הפריון** (Productivity) שלו באמצעות הכלים שעומדים לרשותו. הגורם השלישי הוא זמן תגובה סביר מעת סיום משלוח הבקשה ועד לתחילת קבלת התשובה.

כדי להפעיל את תקשורת הנתונים, צריכים להתקיים מספר תנאים מוקדמים. הדרישות הן:

- **תמסורת נתונים** על־ידי אמצעי יעיל ואמין אשר יאפשר העברת הנתונים ללא שגיאות.
- **שפה** מוסכמת לדו־שיח בין הפונה והמשיב.
- **נוהל** לשימוש בשפה ("תחביר") כדי שתהיה לדו־שיח משמעות וכדי שאפשר יהיה לזהות מצבים חריגים בתמסורת.

בנושאים אלו דן הספר שלפנינו.

הנחייה לקורא

הספר מיועד למשתמש במערכת עיבוד בתקשורת, למנתח המערכות ולמתכנן לכל אלה המעוניינים בצדדים המקצועיים לשם תכנון ופיתוח מערכת כזו.

לרוב אין להם ידע טכני באלקטרוניקה והם גם לא זקוקים לו לפיתוח יישומים במערכות תקשורת. לפיכך נמנעה עד כמה שאפשר הצגת נושאים טכניים ובמידה שהיה צורך לדון בהם ניתן הסבר בהיקף הנדרש בלבד. ביאור מונחים ומושגים וכינויים באנגלית ניתן בגוף הספר כדי לשמור על רצף ההסבר וכדי להקל על הבנת הכתוב.

הספר **מערכות תקשורת נתונים** הינו הראשון בעברית אשר עוסק בנושא והוא מצטרף לסדרת ספרי לימוד והכשרה במדעי המחשב של **הוצאת הוד־עמי**:

- המחשב האלקטרוני ועיבוד הנתונים.
- תכנון ותכנות יישומי מחשבים.
- הקלט למחשב.
- יסודות בניתוח ותכנון מערכות מידע.

הקורא אשר אין לו ידע ונסיון מוקדם ייטיב לעשות אם ישלים ידיעותיו כדי להפיק מלוא התועלת מלימוד בספר זה.

פרקי הספר:

פרק **א** מוקדש להצגת דוגמאות ליישומים של מערכות עיבוד נתונים בתקשורת והשוני שביניהן לבין יישומי מערכות עיבוד באצווה. ניתן הסבר למושגים חשובים שידונו בפרקים הבאים.

המרכיבים הבסיסיים של מערכת עיבוד נתונים בתקשורת הם המחשב, קוי התקשורת, יחידות הבקרה, מודמים ומסופים. כל המרכיבים פרט למחשב, מכוונים לשרת את מערכת התקשורת בלבד. תיאור הרכיבים, הסבר לבחירתם בהתאם לדרישות וצורכי המשתמשים והאפשרויות ליעל את השימוש בהם ניתנים בהרחבה בפרקים **ב** עד **ז**.

התוכנה נותנת את הכוח המניע לכל המערכת ומאפשרת את מגוון השירותים למשתמשים ואת ההיענות לשינויים הדינמיים בדרישות. תוכנה וחומרה פועלים יחדיו כדי לקיים את הדו־שיח בין משתמש למשתמש ובין משתמש לתוכניות יישומים הפועלות במחשב. הדבר נעשה בנוהל מוגדר ומוסכם אשר מבטיח את אמינות התקשורת. בנושא זה נדון בפרקים **ח** ו־**ט**.

המשתמשים במערכות עיבוד בתקשורת לומדים את אפשרויותיהן, יתרונותיהן ומגבלותיהן. הם מגיעים לשלב שבו המערכת הבסיסית "הסגורה" שהם מפעילים אינה עונה על צורכיהם והם מחפשים פתרונות מעבר לה. הפתרון אינו הגדלת מספר המסופים או הגדלת כושר העיבוד על ידי הוספת מחשבים, החלפתם בגדולים יותר או הוספת דיסקים. הצורך החדש מכוון אותם לחיפוש פתרונות בפיתוח שיטות עבודה חדשות באמצעות מערכות עיבוד מבוזרות ושימוש ברשתות מחשבים. המשתמשים המרובים וביזור השירותים ומרכזי העיבוד יוצרים בעיית שליטה וניהול וגם חשיפה בתחום בטחון הנתונים ואבטחת מערכת התקשורת מפני פגיעה בשוגג או במזיד. נושאים אלו מוצגים בפרקים **י** ו־**יא**.

בפרק **יב** מוצג תהליך של הקמת מערכת עיבוד בתקשורת, החל בהצגת הדרישות, ברירת האפשרויות ותיאור הפתרון. מודגשות הבעיות שעומדות בפני המתכנן והשיקולים המנחים אותו להחלטה בכל ענין. האירוע משמש כהשלמה לחומר התיאורטי באשר הוא מאפשר להאיר מזוית שונה ובצורה מפורשת יותר עניינים שנדונו בהכללה בפרקים אחרים של הספר.

לסיום ניתנת רשימה ביבליוגרפית אשר תוכל לסייע לקורא המעונין להרחיב ולהשלים ידיעותיו. מילון המונחים כולל את המונחים העיקריים המופיעים בספר.

יצחק עמיהוד

תוכן העניינים

פרק ד': ניצול יעיל של אפיקי התקשורת

פרק ה': המודם

פרק ו': יחידת בקרה לתקשורת

פרק ז': מסופים ויחידות בקרה

פרק ח': תוכנה במערכת עיבוד בתקשורת

פרק ט': ארכיטקטורת רשת מערכות

פרק י': רשתות מחשבים

פרק יא': עיבוד נתונים מבוזר

פרק יב': אירוע – תכנון מערכת תקשורת

פרק א':
התפתחות מערכות עיבוד בתקשורת

דוגמאות, הגדרה ומאפיינים

הינך חסר מזומנים – אתה ניגש למסוף בנק אוטומטי (ATM) הנמצא בסניף בנק, במפעל או בקיר בנין ברחוב העיר. מכניס את הכרטיס המגנטי לחריץ שבמכשיר ומושך ממנו כסף או מברר יתרה. ברצונך להזמין כרטיס טיסה – אתה ניגש למשרד חברת תעופה, הפקידה מקישה במסוף את נתוני מסלולך ומאשרת את הטיסה. נולד לך ילד במזל טוב – בעתיד תוכל לגשת לסניף משרד הפנים במקום מגוריך ושם יקיש הפקיד במסוף את פרטי הרך הנולד. נתונים אלו יקלטו מיד בקובץ רישום התושבים ויועברו להכנת תעודת לידה, לרישום במשרד הביטוח הלאומי, ועוד. יתכן גם שפעולה זו תבוצע במשרד בית היולדות ותמנע ממך טרחה מיותרת.

המשותף לכל המקרים הללו הוא השימוש בעיבוד־רחק והם מדגימים עד כמה נושא זה נוגע לחיינו היומיומיים. נוכל להגדיר עתה: עיבוד־רחק הוא עיבוד נתונים על־ידי שילוב מחשבים ואמצעי תקשורת נתונים. אמצעי התקשורת הם קוי טלפון אשר אינם מעבירים שיחות טלפון אלא נתונים ולכן מקובל לכנותם בשם קוי תקשורת. אמצעי הקלט־פלט המצוי בקצה קו התקשורת ומשמש ליצירת הקלט ולהצגת הפלט קרוי מסוף (Terminal). מקובל לקרוא ליחידת המידע העוברת בקוי התקשורת בשם "תנועה" (Transaction), תשדורת או מסר (Message).

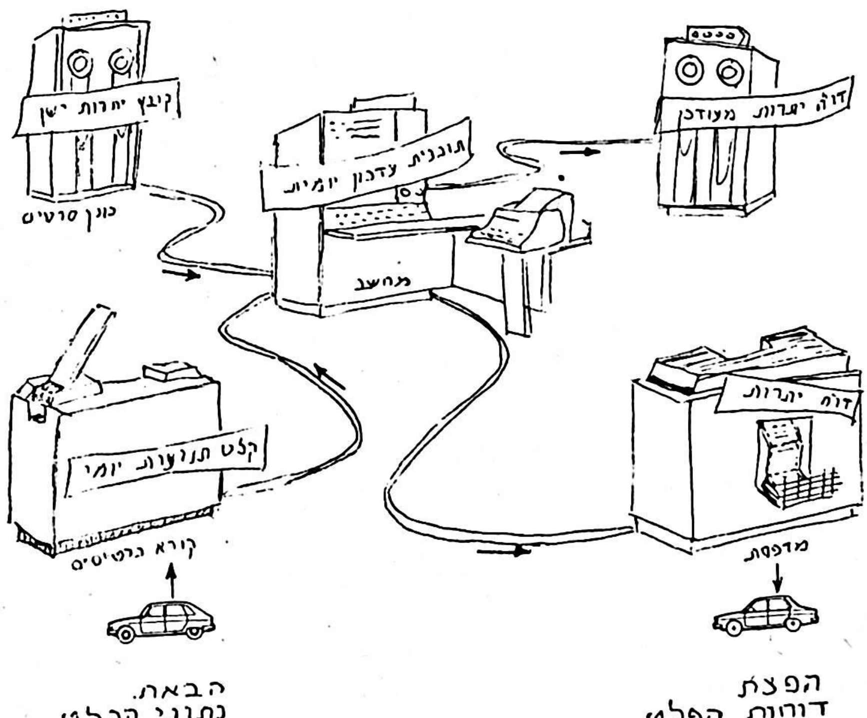
שיטת עיבוד־רחק התפתחה כדי לענות על דרישות משתמשי מערכות עיבוד נתונים לשירות מיידי לקלט־עיבוד־פלט של כל תנועה. אך קודם שנלמד את מגוון שירותי עיבוד־רחק, נעיין שוב בשיטת העיבוד באצווה.

מאפייני עיבוד באצווה

בשיטת עיבוד הנתונים באצווה (Batch Processing) אין מטפלים בתנועות

בודדות, אלא אוספים ומעבדים כמויות. לשם קליטה במחשב מנקבים את הנתונים בכרטיסים או מקישים אותם במקלדת התקליטון (Diskette). הכרטיסים או התקליטונים מובאים לאולם המחשב ונקראים לזכרון במתקן קריאה מתאים. הנתונים מעובדים באמצעות תוכנית מחשב המפיקה פלט לשימוש בני אדם אשר מודפס במדפסות שבחדר המחשב. פלט נוסף מופק לאמצעי אחסון מגנטיים לעיבוד נוסף. כל יחידות הקלט־פלט שמצויות באולם המחשב קשורות אליו בכבלים חשמליים המאפשרים את העברת הנתונים במהירויות עצומות אשר מוגבלות על־ידי מהירותם של אמצעי הקלט־פלט בלבד.

נדגים מחזור עיבוד באצווה באמצעות ניהול חשבון עובר ושב בסניף בנק שאינו עובד בתקשורת. בעת משיכת מזומנים ממלא הפקיד טופס. הטפסים מועברים בסוף היום אל מרכז המיכון של הבנק שבו הם ממויינים לפי נושאים, מנוקבים בכרטיסים או מוקלדים לאמצעי קלט אחרים ומוזנים למחשב. במחשב מופעלת תוכנית עיבוד אשר מפחיתה את סכום המשיכה מהיתרה שעומדת



ציור 1.1: עיבוד באצווה

לזכות החשבון, מעדכנת את היתרה על־ידי כתיבתה על גבי אמצעי אחסנה, למשל דיסק מגנטי. לאחר גמר עיבוד כל הקלט מודפס דו"ח יתרות ממויין לפי סניפים. דו"ח זה נשלח לסניף הבנק במשך הלילה כדי שלמחרת בבוקר כאשר יפתח הסניף, ימצא בו דו"ח יתרות מעודכן.

לעיבוד באצווה מספר מאפיינים:

א. תהליך עיבוד הנתונים דומה לקו יצור שבכל תחנה שלו מופעלת תוכנית שונה המטפלת בכמות גדולה של נתונים.

ב. לפני העיבוד מתבצע מיון של הקלט.

ג. הנתונים נאספים לחדר המחשב ונקראים באמצעי קלט שבאולם המחשב.

ד. הפלט לשימוש בני אדם מודפס בחדר המחשב בכמויות ואחר כך נשלח לצרכנים.

ה. זמן התגובה המקובל בין יצירת הקלט לבין קבלת תוצאות העיבוד נמדד בשעות עד ימים.

מאפייני עיבוד־רחק

בעיבוד־רחק אמצעי הקלט־פלט הינם מסופים המצויים אצל צרכני המידע. צרכנים אלה נמצאים במרחק מהמחשב ולכן קושרים אליהם את המסופים בקוי תקשורת. צרכני מידע בדוגמאות שהובאו קודם הינם לקוח הבנק, פקידת חברת התעופה ופקיד רישום התושבים.

מכיון שהקלט של הצרכנים אינו נאסף, אלא מוזרם אל המחשב מיד עם היוצרותו, צריכה תוכנית העיבוד להיות מוכנה בכל רגע לקלוט ולעבד אותו. התוכנית אינה מופעלת פעם אחת בלבד עבור כל נתוני הקלט כבעיבוד באצווה, אלא מופעלת מחדש על־ידי כל תנועת קלט. תהליך קליטת הנתונים, העיבוד והפקת הפלט צריך להיות מהיר, כי צרכן המידע מצפה לקבל תשובה לקלט שלו תוך שניות עד דקות.

הבדלים אלה בין עיבוד־רחק לעיבוד באצווה גורמים לכך שבתכנון מערכת עיבוד־רחק ישנם גורמים רבים יותר שיש להתחשב בהם:

- צורת החיבור של המסופים למחשב,
- עוצמת החישוב הנדרשת כדי לתת זמן תגובה סביר בכמות נתונה של מספר תנועות קלט לדקה או שעה,
- תכנון מבנה הקלט במסוף,
- תהליך שיקום (Recovery) לאחר תקלה, ועוד.

כנויים רבים ניתנו למערכות עיבוד נתונים בתקשורת, ביניהם:

- Data Communication Systems – מערכות תקשורת נתונים
- Online Systems – מערכות מקוונות
- Teleprocessing (TP) Systems – מערכות עיבוד־רחק

ככלל, התיחסו שמות אלה אל מערכות עיבוד נתונים שהשתמשו בקוי תקשורת להעברת נתונים בין מסוף למחשב.

מעט הסטוריה

התפתחות עיבוד נתונים בתקשורת היתה צעד טבעי בהתפתחות עיבוד הנתונים. תחילתו כבר בשנות הארבעים כאשר הצבא האמריקאי הזמין בחברת יבמ מערכת לבקרת מלאי. מערכת זאת קראה כרטיסים ושידרה אותם על קוי טלפון שבצידם השני היתה מערכת דומה שניקבה כרטיסים חדשים מהנתונים שנקלטו.

לאחר מלחמת העולם השניה תוכננה בארה"ב מערכת הגנה אוירית שהשתמשה בחיישנים, כמו מכ"ם, לקליטת מידע על תנועות מטוסים. המערכת העבירה את המידע למחשב מרכזי וקבלה תגובה במהירות מספקת לבקרה אוירית. בקרה כזו, שבה הפלט מתקבל במהירות המספיקה להשפיע על הקלט קרויה בשפת המחשבים **עיבוד נתונים בזמן ממשי** (Real time). התוצאה המעשית של תוכניות אלה היתה מערכת הבקרה האוירית (SAGE – Semi Automatic Ground Environment), בעקבות המערכת הצבאית הופיעו מערכות אזרחיות לבקרת מלאי קריטי כמו מערכת להקצאת מושבים במטוסים. מערכת ידועה מסוג כזה הותקנה בשנת 1959 ונקראה SABRE (Semi Automatic Business Research Environment).

לצורך הקמת המערכות המסחריות השתמשו במחשבים הכלליים (General Purpose), אבל הוכנסו בהם שינויים להתאמתם לתקשורת. הוסיפו למחשב אחסנה פנימית ואחסנה בדיסקים לשמירת תנועות הקלט־פלט. נבנו ערוצי קלט־פלט מיוחדים שטיפלו בהעברת נתונים בין יחידת העיבוד המרכזית (יע"מ) לאמצעי הקלט־פלט תוך שחרור היע"מ לביצוע העיבוד עצמו, ונבנו תוכניות מיוחדות שטיפלו במשאבים החדשים ובניהול מערכת אקראית של פעילויות.

עיבוד מרובב ומערכות תקשורת

בשנות השישים, עם הופעת מחשבי יבמ 360, נבנתה החומרה והתוכנה לתקשורת כחלק אינטגרלי של מערכת המחשב. מערכות הפעלה חדשות הותאמו **לתכנות מרובב** (Multi-programming) אשר מתאים לתקשורת. פעולות כמו טיפול בקוי התקשורת ועיבוד הקלט נעשו בחפיפה, ובכך התקבלו זמני תגובה טובים מבעבר. התכנות המרובב איפשר שירות נוסף לצרכני המידע אשר נזקקו לעיבוד־רחק. פריצת הדרך שבשיטת עיבוד זו הינה עקרונית ומחייבת הסבר קצר.

כל אחת מיחידות המחשב יכולה לבצע פעולה אחת בעת ובעונה אחת, כך גם היע"מ שהיא היחידה היקרה והמורכבת בכולן. היע"מ נדרשת על־ידי תוכנית המחשב לצורך עיבוד התנועה. במסלול העיבוד של התנועה ישנם פרקי זמן שבהם נמצאת היע"מ בהמתנה מכיון שהתוכנית מחכה להשלמת פעולות קלט־פלט. זמן זה ניתן לניצול על־ידי תוכנית אחרת המעבדת תנועה שהתקבלה

ממסוף אחר ושלב הקלט שלה הסתיים והיא מחכה לעיבוד. מערכת הפעלה במחשב בעל כושר תכנות מרובב יכולה לנצל פרקי זמן של המתנה ולהפעיל לסירוגין תוכניות המעבדות תנועות שונות. ה״המתנה״ שבה מדובר והינה במונחי זמן קצרצרים, בסדר גודל של מאיות או אלפיות שניה, אולם יחסית לזמן התגובה האנושי נראה כאילו תוכניות רבות פועלות בו־זמנית.

המצב מסתבך כאשר תוכנית יישום אחת משרתת מספר גדול של מסופים המזרימים תנועות במקביל ובצורה אקראית. כל תנועה גורמת להפעלת תוכנית היישום. אך כדי שלא יהיה צורך בשמירת מספר עותקים של התוכנית בזכרון, בונים אותה בשיטה המאפשרת לה לעבד במרובב את התנועות הנקלטות. כלומר, כאשר התוכנית ממתינה לקלט או פלט של תנועה אחת היא מפעילה את עצמה מחדש לעיבוד תנועה אחרת. ריבוב זה של זמן היע״מ בתוך תוכנית יישום אחת קרוי **ריבוי־משימות** (Multi-tasking).

כיום תופש עיבוד הנתונים בתקשורת מקום מרכזי בעולם עיבוד הנתונים. השאיפה להביא את כוחו של המחשב אל המשתמש גרמה פיתוח יישומים חדשים בכל שטחי חיינו. ביישומים אלה קשורים המסופים למחשב ולכן נהוג לכנותם מקוונים (On-line), מלשון ״קו״ תקשורת. לעומת זאת, בעיבוד אצווה המחשב מופרד (Off-line) מהמקום שבו נוצר הקלט.

להסבר נוסף למושגים On-line ו־Off-line נציג את מסופי הבנק האוטומטיים ATM, אלו הן המכונות למשיכת כסף וברור יתרה (וביצוע פעולות נוספות) אשר מותקנות על–ידי הבנקים לשימוש הקהל. מסופי הבנק הראשונים לא היו קשורים למחשב אלא מופרדים ממנו, ולכן מקובל לומר שהן עבדו Off-line, מסופי הבנק החדשים חוברו למחשב והם פועלים במקוון (On-line).

המעבר מעיבוד אצווה לעיבוד בתקשורת

קיימות סיבות רבות למעבר מעיבוד אצווה לעיבוד־רחק, ונמנה כמה מהן:

א. מגבלות זמן

הקצאת מושבים בטיסה הינו תהליך שבו נדרש מידע עדכני על המושבים הפנויים בטיסה המבוקשת. אם נידרש מסלול טיסה, יש לקבל מידע על שילוב הטיסות לבניית אותו מסלול ועל המקומות הפנויים בטיסות אלו. תשובה חיובית, כלומר – מקום פנוי אפשרי במסלול או בטיסה הרצויים, או תשובה שלילית הינם התוצאה של תהליך הקצאת מושבים בטיסה.

תהליך הקצאת מושבים לפי הזמנות לקוחות מתקיים במספר רב של סוכנויות המרוחקות זו מזו אף מאות ואלפי קילומטרים. הגישה המיידית באמצעות מסוף הקשור אל המחשב המרכזי מאפשרת לכל סוכנות להזין ולשאוב מידע ממאגר מרכזי אחד מעודכן כדי להשיב למזמין הטיסה. שיטת עיבוד־רחק מאפשרת הזמנת הטיסה והקצאת המקומות סמוך למועד הרצוי. היא גם מאפשרת שינויים

בתכנון והעברת המידע באופן מיידי לסוכנויות כדי שימסר למזמינים או כדי לאפשר להם לתכנן טיסות ומסלולים אלטרנטיבים.

ב. בקרה ושליטה

במערכת עסקית שבה קשורים הסניפים בתקשורת למרכז העיבוד לשם הזנת נתונים שוטפת, אפשר לקבל בכל עת תמונת מצב מסכמת. הנהלת הארגון יכולה להשתמש בנתונים אלו לקבלת החלטות בפרק זמן סמוך מאד למועד התרחשות האירועים.

לדוגמה, שליטה על יתרות הכסף במערכת בנקאית מאפשרת להנהלת הבנק לקבל החלטות הקשורות במצב הנזילות. במערכת של שיווק, אפשר להחליט על קבלה או דחייה של הזמנות וביצוע רכישות על פי המידע השוטף מסניפי המכירות.

ג. נוחות

עיבוד־רחק מאפשר קבלת תשובות מיידיות לבקשות אקראיות למידע המוגשות על־ידי ההנהלה ועל ידי בעלי תפקידים שונים בארגון. התשובות המיידיות מאפשרות המשך פעילות בתכנון או בביצוע ללא עיכוב. עיבוד־רחק משרת גם את תוכניתני המחשב באפשרו שיטות תיכנות בהן קטן זמן הסבב בין כתיבת הוראות התוכנית עד לניסוי והרצה. תפוקת התכנות גדלה באופן משמעותי בשיטה זו שבה התוכניתן עוסק ברציפות בתכנות וניסוי התוכנית ואינו נמצא ב״המתנה״ לקבלת תוצאות העיבוד באצווה (הידור או ריצת ניסוי).

יישומי עיבוד־רחק

נסקור עתה סוגי יישומים מקובלים במערכות עיבוד בתקשורת. היישומים שנסקור הם שאילתות, איסוף נתונים, רישום נתונים, שילוח עבודות רחק, שיתוף זמן ומיתוג תשדורות.

א. שאילתות (Inquiry)

השאילתה מאפשרת קבלת מידע אצל המשתמש המרוחק מן המחשב. הזמנת מושב במטוס גורמת לפקיד להקיש ״שאילתה״ במסוף. הוצאת מזומנים במסוף בנק אוטומטי גורמת, בין השאר, לשאילתה למחשב לברור היתרה. לעיתים קרובות מתבצע בעקבות השאילתה גם עדכון רשומה בקובץ. אחד המאפיינים של יישום זה הוא קלט קצר ופלט ארוך וקצב תנועות אקראי.

תכנון השאילתות בעיבוד נתונים בתקשורת דורש פתרון למספר בעיות כמו שמירת סודיות המידע ואבטחתו בפני גישה של אנשים שאינם מורשים לכך. בעייה אחרת היא בעית עדכון קובץ שלא הושלם בגלל תקלה בלתי צפויה בקו

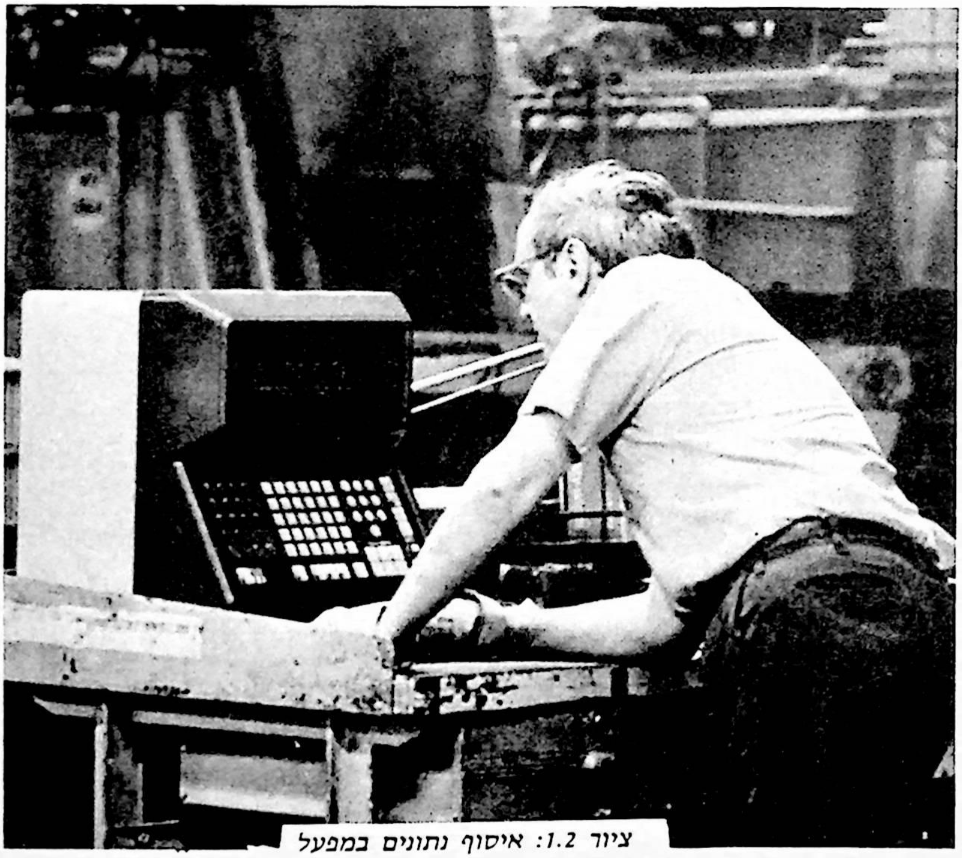
התקשורת. התאוששות ממצב כזה למצב בו ניתן להמשיך ולעבד נתונים עם אותו קובץ מחייבת תכנון קפדני.

סוג מיוחד של יישום שאילתות הוא יישום **"הידברותי"** (Interactive) בו המשתמש אינו מציג שאילתה אחת או שאילתות בודדות, אלא מקיים דו־שיח של שאלות או נתוני קלט ומקבל תשובות או אישור מהמחשב לאחר כל פעולה ופעולה. דוגמה ליישום הידברותי הינה עבודת תכנות. תהליך של ברירת אלטרנטיבות לפעולה על־פי נתונים שונים המוזנים על יד המשתמש, כמו למשל בעת תכנון מסלול טיסה, מתבצע בהידברות.

ב. איסוף נתונים (Data cellection)

ביישום זה נאספים הנתונים באמצעות מסופים מיוחדים המוצבים במקומות בהם מתרחשים האירועים ונוצרים הנתונים.

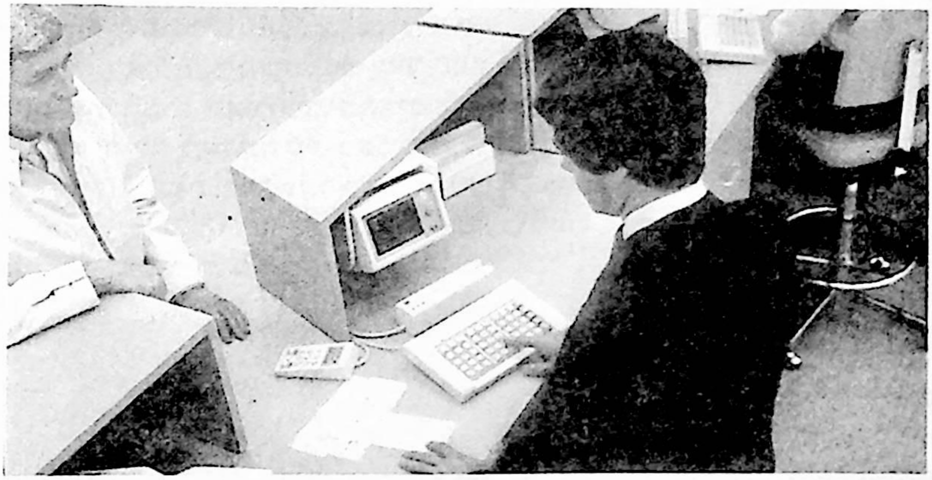
בביח"ר שבו מותקנת מערכת איסוף נתונים מדווחים פועלי הייצור על התחלה וגמר של שלבי עבודה ועל כמות התוצרת. דוגמה אחרת היא נקודת מכירה בחנות ה"כל־בו" אשר משמשת כקופה רושמת רגילה, ובנוסף לכך קשורה למחשב ומעדכנת בו את רמות המלאי לאחר כל פעולת מכירה.



ציור 1.2: איסוף נתונים במפעל

ג. רישום נתונים (Data Entry)

בתחילת הפרק הובאה דוגמה לעיבוד באצווה אשר דנה בפעולת עדכון חשבון עובר ושב בבנק. רוב הבנקים בארץ עברו ליישומי עיבוד בתקשורת והם עשו זאת בשני שלבים או יותר. בשלב ראשון נעשית הקליטה באמצעות מסופי רישום נתונים. קלדניות במרכז הקליטה מקישות אל מסופי המחשב את הנתונים שהגיעו מהסניפים, ללא צורך בתיווך ביניים כמו כרטיסים או תקליטונים. התנועות נאגרות בקבצי תנועות לשם עיבוד מרוכז באצווה בסיום יום העבודה. העיבוד באצווה מאופיין על־ידי מיון הנתונים לפי נושאים ועיבוד של כמויות מאותו הסוג.



ציור 1.3: מסוף בנק

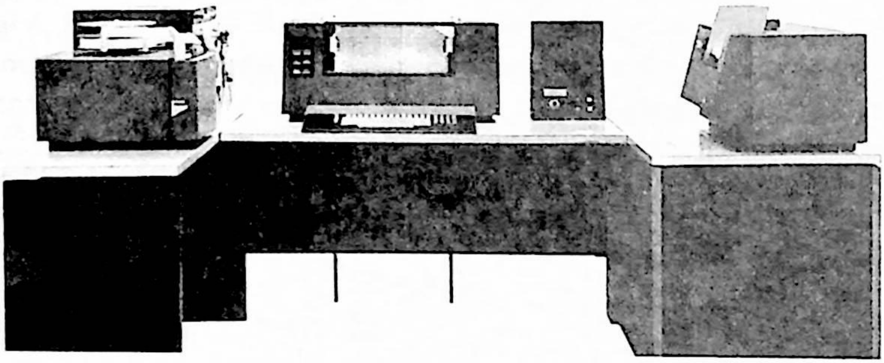
שלב מתקדם יותר הוא הקשת נתוני התנועה על־ידי הפקיד בסניף הבנק בעת ביצוע פעולת ההפקדה או המשיכה, ועדכון מיידי של התנועה בקבצי המחשב המרכזי. במקרה כזה מתבצעת פעולת עיבוד של תנועה בודדת בכל פעם שהפקיד יוצר את התנועה, ואין מבצעים פעולת הכנה של איסוף ומיון התנועות כפי שהדבר נעשה בעיבוד נתונים באצווה. ניתן כבר לראות יישום מסוג זה בסניפי הבנקים בארץ.

ד. שע"ר – שילוח עבודות רחק RJE (Remote Job Entry)

סוג זה של יישום מביא את הקלט־פלט של המחשב אל המשתמש, אבל העיבוד במחשב עצמו נעשה בשיטת עיבוד באצווה. במקום להביא את העבודות ולקבל את הפלט בחדר הקלט־פלט של המחשב, מובא ציוד הקלט־פלט אל המשתמש והוא שולח דרכו את עבודתו אל המחשב. הפלט המתקבל מודפס במסוף השע"ר. מערכת שע"ר המתוארת בציור מורכבת מצג לעריכת הקלט, תקליטון לאחסון, מדפסת, כונן סרטים לשמירת הפלט וקורא ומנקב כרטיסים. פיתוח של יישום זה קרוי CRJE - Conversational Remote Job Entry והוא

מאפשר קבלת תגובה על הקלט בצורה "הידברותית". למשל, כאשר מוכנס כרטיס קלט ובו שורה שגויה מוצגת השגיאה מיד לאחר קליטת כרטיס זה והמתכנת יכול לתקן את השגוי בו במקום.

המאפיין יישום שע"ר הוא תנועות באורך קבוע ובקצב קבוע, ובדרך כלל הפלט ארוך מהקלט.



ציור 1.4: מסוף שע"ר

ה. שיתוף זמן (Time sharing)

יישום זה קרוי לעיתים גם עיבוד נתונים הידברותי. ביישום זה משתמשים רבים קשורים באמצעות מסופים אל המחשב ומריצים את תוכניותיהם בו זמנית. היישום מנצל את אפשרויות התכנות המרובב שבו דנו קודם. **בשיתוף זמן** ישנה חלוקה של משאבי היע"מ על־ידי הקצאת "פלח" מזמן היע"מ לכל אחת מתוכניות המשתמשים, כך שלכל אחד מהמשתמשים נראה כאילו כל מערכת המחשב עומדת לרשותו.

יישומי שיתוף זמן משמשים בדרך כלל לפיתוח תוכניות על־ידי תוכניתנים, מדענים וכד'. העיבוד ההידברותי מתבטא בכך שתוך כדי פיתוח תוכנית ניתן לנסות להריצה באופן חלקי, לגלות שגיאות ולהמשיך בפיתוח. היישום עוזר למשתמש על־ידי מתן שירותים להגדלת תפוקתו של המתכנת, כמו עריכה של הקלט־פלט, שירותי ניפוי, שמירת תוכניות בקבצים וכד'. כמסוף משמש בדרך כלל מצג שהוא מרקע טלוויזיוני עם לוח מקשים. במערכות שיתוף זמן הראשונות השתמשו במכונת כתיבה כמסוף, והעריכה נעשתה לגבי שורה בודדת. המערכות המתקדמות נותנות שירותי עריכה למסך שלם של המצג, ומאפשרות "דפדוף" בקובץ על גבי המרקע, חיפוש של מילה או אוסף סימנים בקובץ ועוד.

ו. מיתוג תשדורות (Message Switching)

יישום זה הוא מעט יוצא דופן ופחות נפוץ מהיישומים הקודמים. הוא משמש בדרך כלל גופים גדולים להעברת מברקים ודואר פנימי בין מחלקות של הארגון.

ביישום כזה לכל שדר ישנה כותרת אשר כוללת את פרטי השולח, הנמען, דרגת הדחיפות ופרטים אחרים. הכותרת היא החלק היחיד שמעובד על־ידי המחשב ואילו לתוכן התשדורת אין כל עיבוד. בארגון בו קיימת רשת תקשורת פנימית שמשרתת את עיבוד הנתונים של הארגון, ניתן לנצל את הרשת גם להעברת מידע מינהלתי. מידע זה אינו אלא הודעות ותשובות בדומה להעברת מיזכרים פנימיים בין אנשים. יישום זה קרוי גם **"דואר אלקטרוני"**.

בחברת מוטורולה ישראל, למשל, קיימת מערכת עיבוד־רחק הקשורה למרכז החברה בשיקאגו ארה"ב. מערכת זו מאפשרת שימוש במשאבי מחשב חברת האם בשיקאגו לעיבוד נתונים וגם להעברת דואר בין הסניף הישראלי לאמריקאי. מערכת עיבוד־רחק אחרת משרתת את סניפי חברת יבמ ברחבי העולם ואליה קשורה גם חברת יבמ ישראל.

המשמעות עבור המשתמש

הדוגמאות שהובאו משקפות את רוב היישומים המקובלים בעיבוד נתונים בתקשורת. קיימים גם שמות אחרים ליישומים הללו וישנם יישומים שהינם שילוב של הסוגים שהוזכרו. המשותף לכל היישומים הוא הבאת כוחו של המחשב אל המשתמש, כאשר זרימת המידע בין המשתמש והמחשב נעשית באמצעות קוי תקשורת.

האפשרות להקצות מיידית מושבים בטיסה בסניפים שונים של חברת התעופה הנמצאים בכל העולם מתאפשר בגלל היכולת להתקשר למאגר נתונים מרכזי. היכולת של מנהל מפעל לבדוק באופן מיידי את עלות הייצור של מוצר מסוים מתאפשרת על־ידי שאילתה למאגר הנתונים של המפעל אשר מתעדכן על־ידי מערכת איסוף הנתונים של קו הייצור.

יישומי עיבוד־רחק חוללו מהפיכה ברמת החדירה של עיבוד הנתונים לחיי היום־יום של כל אדם, ועדיין אנו נמצאים בעיצומו של תהליך שילך ויגבר בעשור הקרוב.

נסכם את המאפיינים של עיבוד בתקשורת:

א. **מסופי קלט־פלט** מחוברים למחשב באמצעות קוי תקשורת.

ב. **אקראיות הקלט.** כיון שמשתמשי קצה מזינים נתונים בזמן הרצוי להם יש לתכנן את המערכת למופע אקראי של הקלט.

ג. **עיבוד מיידי של התנועה.** בעוד שעיבוד באצווה מאופיין באיסוף הקלט, מיונו ועיבודו בכמויות, בעיבוד בתקשורת ישנו עיבוד נפרד של כל תנועה לשם מתן תשובה מיידית, דבר שמטיל עומס רב על מערכת המחשב.

ד. **זמן התגובה קצר.** בעיבוד באצווה פרק הזמן בין יצירת התנועה לבין קבלת הפלט נמדד בשעות עד ימים, לעומת סדרי גודל של שניות עד דקות ספורות בעיבוד בתקשורת. לעיתים זמן התגובה הוא אף בחלקי שניות,

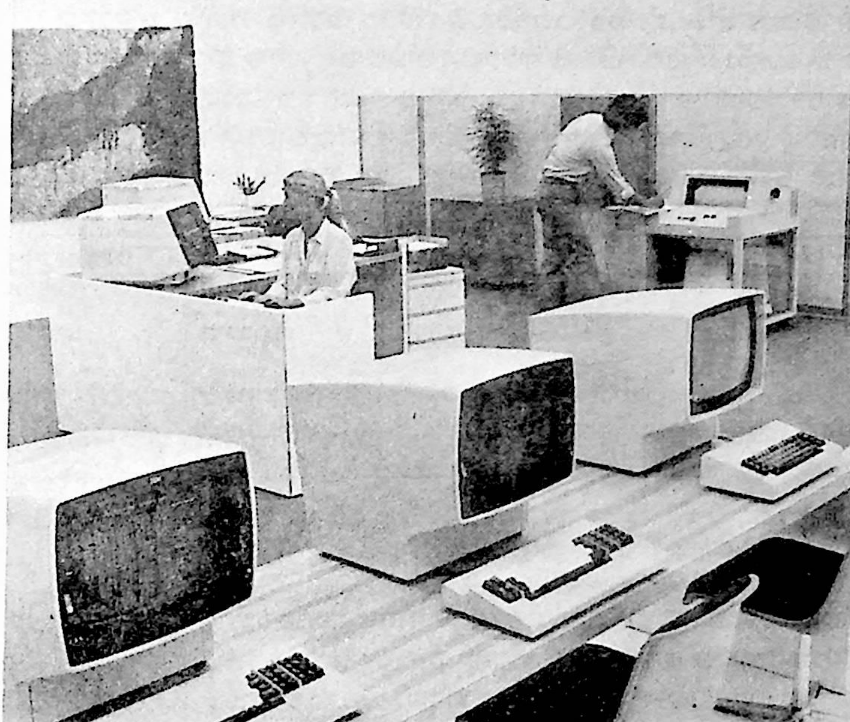
למשל כאשר הנתונים הנאספים ממכשיר מדידה גורמים לכך שהמחשב מגיב בזמן ממשי על־ידי הפעלת ציוד בקרה אלקטרוני.

ה. **משתמשים רבים בו־זמנית.** "בו־זמנית" איננו מושג מדוייק בעולם המחשבים. היע"מ עובד בצורה טורית וביכולתו לבצע רק פקודה אחת ביחידת זמן אך בפרק זמן מסוים נראה מבחינה חיצונית שמשתמשים רבים מקבלים שירות בו־זמני ממערכת המחשב. המשתמשים הרבים יכולים להיות קשורים ליישומים שונים הפועלים בשיטת תכנות מרובב או להיות קשורים ליישום אחד אשר מחלק את המשאבים העומדים לרשותו בין המשתמשים הקשורים אליו בטכניקה של ריבוי משימות, או שיתוף זמן, או בשילוב של שיטות אלו. מושגים אלה כבר הוזכרו קודם לכן.

מקור הקלט	סוג התגובה	זמן התגובה	אורך התשדורת בסיביות
מכשירי מדידה	זמן ממשי	מילישניות עד דקות	1–100
מסופים	הידברות	שניות	100–20000
מסופי שע"ר	עיבוד באצווה	דקות עד שעות	10^3–10^6
מחשבים	הידברות/אצווה	שניות עד דקות	10^3–10^8

ציור 1.5: מיון מערכות עיבוד בתקשורת לפי זמן תגובה ואורך התשדורת

בפרק זה תארנו את ההתפתחות ההיסטורית של שיטות עיבוד בתקשורת, סקרנו יישומים אופייניים, השווינו את עיבוד־רחק לעיבוד באצווה ומנינו את המאפיינים שלו. בפרקים הבאים נדון במרכיבים של מערכת עיבוד בתקשורת אשר כמה מהם הוזכרו כבר בפרק זה: המחשב ותוכניות היישום שבו, קווי התקשורת המחברים את המשתמש למחשב והמסוף המשמש ליצירת הקלט והצגת הפלט.



מערכת עיבוד בתקשורת

פרק ב׳:
קוי תקשורת ואפיקי שידור

תמסורת באפיקים אנלוגיים

תמסורת נתונים בין אתר אחד למשנהו נעשית **באפיק תקשורת** (Communication Channel) אשר יכול להיות קו (Line) פיסי או אלחוט. לאפיק התקשורת יש תכונות העברה, קיבולת, עיוותי שידור וכיוונויות תמסורת. בהמשך נציג את אפיקי התקשורת המשתמשים בקוי הטלפון אשר פועלים בשיטת התמסורת האנלוגית.

קוי הטלפון הם האמצעי המחבר את המסופים המרוחקים אל המחשב. קוים אלה הם לעיתים תילים (או כפי שמקובל לכנותם ״חוטי טלפון״) המתוחים בין עמודי הטלפון, לעיתים הם כבל תת־קרקעי ולעיתים ציוד אלחוט הקרוי מיקרוגל או רדיו־טלפון.

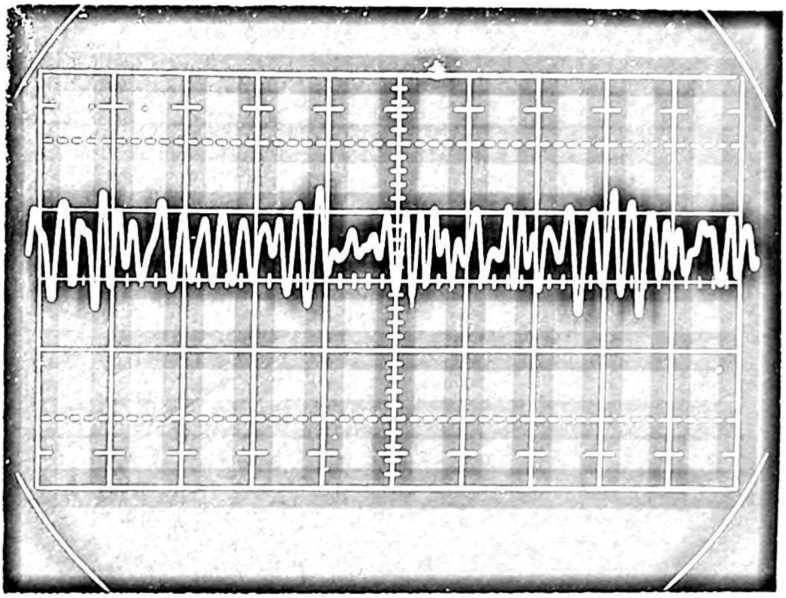
אותות אנלוגיים

קוי הטלפון נועדו במקורם להעברת דיבור. כאשר אדם מדבר לשפופרת הטלפון הופכות תנודות האויר למְתח רציף הקרוי בשפת האלקטרוניקה **אות אנלוגי** (Analog Signal). אות זה מאופיין על־ידי עוצמה, תדירות ומופע. כיון שאוזן האדם אינה רגישה למופע (Phase) לא נדון במאפיין זה, אלא רק בשני המאפיינים האחרים, עוצמה ותדירות.

עוצמת האות נמדדת ביחידה שקרויה **דציבל** (DB), ואילו **התדירות** נמדדת ביחידה שקרויה **הרץ** או **תנודות לשניה.** מיתר המתנדנד בקצב של 1000 תנודות לשניה מפיק צליל שתדירותו 1000 הרץ (או קילוהרץ אחד). אוזן האדם מבחינה בתדירויות בתחום 50 הרץ עד 18,000 הרץ.

בציור 2.1 מוצגת תמונה של דיבור בקו הטלפון. הגבהים השונים של האות נובעים מעוצמת הקול המשתנה בין לחש לקול רם, ואילו הצפיפות המשתנה הם השינויים בתדירות הנובעים מגוונים שונים של הקול. קול ״בס״ למשל הינו בעל צפיפות דהיינו תדירות נמוכה, ואילו ״סופרן״ הינו בעל תדירות גבוהה. **תחום**

תדירויות קרוי בשפת התקשורת **רוחב סרט** (Bandwidth). כלומר, רוחב הסרט של השמיעה הוא כ־18,000 הרץ.



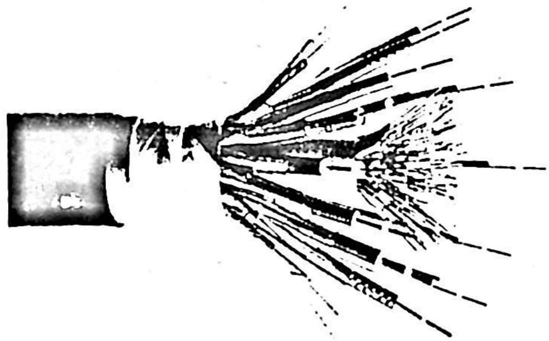
ציור 2.1: אותות דיבור בקו טלפון

העברת אותות בקו טלפון

להעברת דיבור בקו טלפון בצורה מובנת מספיקים כ־3,000 הרץ וזה תחום התדירויות שקו טלפון רגיל נועד להעביר. הקו שמחבר את המרכזיה אל בית המנוי הינו זוג תילים בעלי רוחב סרט של 3000 הרץ, להעברת צלילים בתחום 300 עד 3400 הרץ. המרכזיות מחוברות זו לזו בקוי־טלפון בין־איזוריים או בין־עירוניים. המרכזיות וקוי הטלפון נבנו בדרך כלל להעברת דיבור ולכן השימוש בהם להעברת נתונים נתקל לעיתים בקשיים בהם נדון מאוחר יותר בפרק זה.

משרד התקשורת משתמש בדרך כלל להעברת שיחות בינעירוניות בכבלים תת־קרקעיים בעלי רוחב סרט גדול יותר מאשר רוחב הסרט בקוי טלפון רגילים. הכבל התת־קרקעי מאגד בתוכו מספר כבלים דקים הקרויים כבלים קואכסיאלים. **קואכסיאלי** מציין שבמקום זוג חוטים מורכב הקו מגיד מרכזי ומעטפת מוליכה, בדומה לכבל המחבר את מכשיר הטלויזיה הביתי אל אנטנת הטלויזיה. רוחב הסרט של כבל קואכסיאלי הוא מספר מיליוני הרץ (מגהרץ) והוא מחולק, באמצעות ציוד מיוחד של משרד התקשורת, ליחידות בנות 4 קילוהרץ (4000 הרץ) כל אחת. כל יחידה כזו קרויה אפיק דיבור והיא נושאת

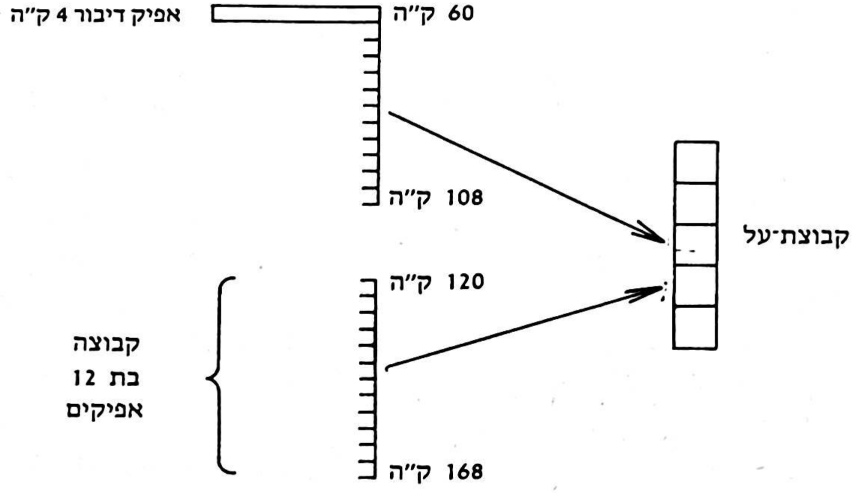
שיחת טלפון אחת. מכאן שכבל קואכסיאלי אחד מעביר אלפי שיחות בו־זמנית. בציור 2.2 מוצג כבל המאגד בתוכו 12 כבלים קואכסיאליים.



ציור 2.2: כבל נושא מעל 10000 שיחות

החלוקה של הכבל לתת־אפיקים מתבצעת על־ידי **רבב חלוקת תדירות** (Frequency Division Multiplexer) והיא נעשית בצורה היראכית. רוחב הסרט של הכבל, דהיינו תחום התדירות אותו הוא יכול להעביר, מחולק לקבוצות. כל 12 אפיקי דיבור מרכיבים קבוצה בעלת רוחב סרט של 48 קילוהרץ וכל 5 קבוצות מרכיבות קבוצת־על כמודגם בציור 2.3. כל 16 קבוצות־על יוצרות קבוצת פיקוד המכילה 960 אפיקי דיבור.

להעברת שיחות בינעירוניות משתמשים גם בציוד מיקרוגל או רדיו־טלפון הפועלים בשיטת **ריבוב חלוקת תדירות**, אלא שכאן משודרות השיחות באמצעות אנטנות "צלחת" המצויות בקו ראיה זו מזו. ציוד זה מסוגל להעביר



ציור 2.3: חלוקת אפיקי קו הטלפון בריבוב תדירויות

12,000 שיחות דיבור בו־זמנית. לתקשורת בינלאומית משתמשים לעיתים בלויני תקשורת שעקב גובהם יש להם קוי ראיה עם נקודות רבות על פני כדור הארץ. מלבד שוני זה עקרון הפעולה של תקשורת לוינית הוא כשל תקשורת מיקרוגל. איכות התקשורת הלוינית היא טובה והבעיה בשימוש בה לעיבוד נתונים היא ההשהיה בהעברת התשדורת שמגיעה עד 0.5 שניה. השהיה זו שקרויה **השהית התקדמות** (Propagation Delay) היא פרק הזמן הדרוש לסיבית (Bit) אחת להגיע מקצה האחד של הקו לקצה השני. מהירות ההתקדמות של נקודה מסוימת בסיבית (למשל נקודת אמצע הסיבית) היא כמהירות האור – 300,000 ק"מ בשניה. מהירות זו היא מהירות ההתקדמות של גל אלקטרומגנטי באויר. בתווך פיסי כמו קו פיסי, יורדת לעיתים מהירות ההעברה עד ל־20,000 ק"מ בשניה.

הטבלה הבאה מסכמת את ההשהיות (במילישניות) בכבלים קרקעיים.

אורך הקו	השהייה קבועה	השהיית התקדמות
עד 322 ק"מ	0	1 מילישניה לכל 24.2 ק"מ
מעל 322 ק"מ	12 מילישניות	1 מילישניה לכל 242 ק"מ

כלומר, למרחק 100 ק"מ תהיה ההשהייה כ־4 מילישניות, ולמרחק של 500 ק"מ תהיה ההשהייה כ־14 מילישניות. זמנים אלה שנראים לכאורה נמוכים, משפיעים לרעה על זמן התגובה כשלוקחים בחשבון את מספר התשדורות העוברות בין מסוף למחשב לצורך העברת תנועה אחת.

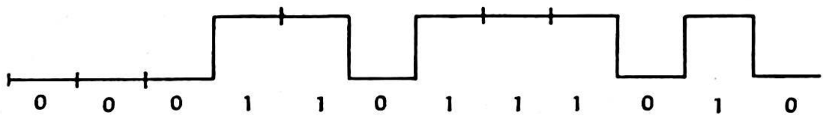
קיבולת אפיק תמסורת

הדיבור הוא אות אנלוגי, בעל עוצמה ותדירות המשתנות ברציפות. לעומת זאת, נתון המשודר מהמחשב לקו הוא ספרתי־בינרי בעל עוצמה קבועה. צורת האות שישודר לקו תהיה בעלת שני ערכי מתח אשר ייצגו את הסיביות '0' ו־'1'. לעומת האות האנלוגי שתדירתו מצביעה על גובה הצליל, תדירות הופעת האות הספרתי מצביעה על מספר הסיביות המשודרות לשניה. אם נשדר אות שמורכב מ־'0' ו־'1' לסירוגין תהיה תדירותו מחצית ממספר הסיביות המשודרות.

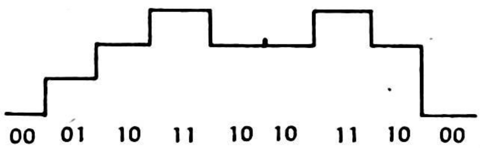
מהירות או קצב העברה

מהירות ההעברה של קו נמדדת בכמות הסיביות שניתן להעביר בו בשניה אחת (ס"ש – סיביות לשניה – BPS - Bits Per Second). לעיתים מודדים את

מהירות ההעברה ביחידה שקרויה **באוד** (BAUD) על שם Baudot שהיה קצין בשירות הטלגרף הצרפתי ואשר השאיר את רישומו גם על קוד הטלגרף שקרוי **קוד באודו**. הקצב בבאוד הוא מספר הפעמים בשניה שרמת האות מתחלפת בקו. הגדרה מדוייקת יותר היא "מספר הפעמים בשניה שניתן להעביר את האות הקצר ביותר שקיים בשיטת העברה מוגדרת". כדי להדגים זאת נניח שקיים מצב של מתח על הקו כאשר הסיבית היא '1', או אי־קיום של מתח כשהסיבית '0'. במקרה זה האות, שהוא רמת המתח בקו, מתחלף בקצב ששווה למספר הסיביות המשודרות בשניה ומהירות הקו בבאוד ובס"ש שווה (ציור 2.4 א').



ציור 2.4 א': שתי רמות מתח על הקו

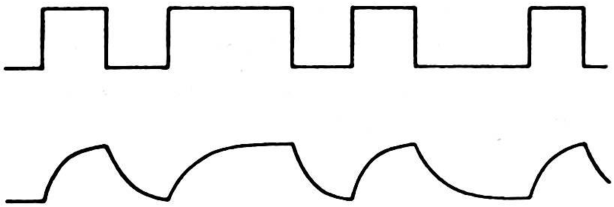


ציור 2.4 ב': ארבע רמות מתח על הקו

נתאר עתה מקרה אחר בו קיימות 4 רמות מתח על הקו אשר כל אחת מהן תייצג זוג סיביות כמתואר בציור 2.4ב. במקרה זה כמות השינויים ברמות המתח, או הקצב בבאוד, קטן פי שניים לפחות מכמות הסיביות המשודרות. בציור 2.4ב ישנן 18 סיביות ורק 8 מצבים שונים של רמת האות. על ידי טכניקות של קידוד האות כפי שהודגם כאן ניתן להעביר בקו של 2400 באוד עד 9600 ס"ש. בהמשך נשתמש ביחידה **סיביות לשניה** (ס"ש) אשר מבטאת את כמות הנתונים שאפשר להעביר בקו נתון.

קו הטלפון כאפיק שידור

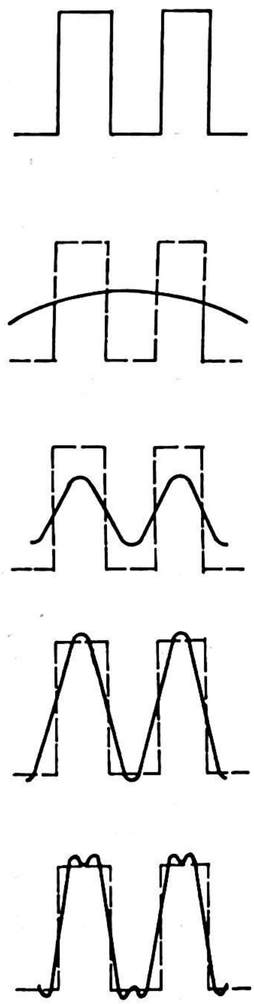
נדון עתה בהשפעת רוחב הסרט על יכולת ההעברה של קו הטלפון. קו טלפון הינו בעל תכונות חשמליות הקרויות **התנגדות, קיבוליות והשראות**, אשר מעוותות את האותות המשודרים. ההתנגדות גורמת לכך שככל שקו הטלפון ארוך יותר עוצמת האות המשודר הולכת ונחלשת. תהליך זה קרוי **"הנחתה"**. הקיבוליות וההשראות גורמות לעיוות צורת הגל המרובע של האות המשודר. אם נשדר בקצב נמוך יצליח קו הטלפון לעקוב אחרי צורת הגל טוב יותר מאשר בקצב שידור גבוה, כפי שניתן לראות בציור 2.5. הסיבה לכך היא שככל שקצב



ציור 2.5: עיוותים בשידור גל מרובע

השינויים בצורת הגל גדול יותר נדרש רוחב סרט גדול יותר כדי להעבירו ללא עיוותים. כאשר רוחב הסרט של קו טלפון הוא 3,000 הרץ, משמעות הדבר שתדירויות גבוהות יותר תונחתנה על־ידי הקו בצורה כזו, שלא ניתן יהיה לקלטן בצידו השני.

בציור 2.6 ניתן לראות את העיוותים שנגרמים לסיביות במהירות העברה של



ציור 2.6: השפעת רוחב הסרט על איכות ההעברה

4,000 ס"ש ברוחבי סרט שונים של האפיק. אפשר להבחין שב־2,000 הרץ ניתן להעביר גל סינוסי הדומה לגל המרובע של הנתון המקורי. אפשר להשיג זאת מכיוון שבאופן מתמטי ניתן לפרק גל מרובע מחזורי לאוסף של גלים סינוסיים שתדירויותיהם הינן מכפלות שלימות של תדירות הגל המרובע. גלים סינוסיים אלה קרויים **הרמוניות**. **דופק** (Pulse) בודד ניתן גם הוא להצגה כאוסף אינסופי של תדירויות. נתון ספרתי המשודר לקו נראה כאוסף של גלים מרובעים הניתן להצגה על־ידי גלים סינוסיים בעלי תדירויות שונות. כאשר נדון בהמשך בתדירויות שעל קו הטלפון להעביר דרכו, הכוונה היא לתדירויות המייצגות את הנתון הספרתי המשודר.

חישוב קיבולת וסיווג אפיקים

המדען **נייקויסט** מצא שבתנאים של חוסר רעש בקו ניתן להעביר באפיק בעל רוחב סרט של W הרץ, מקסימום 2W שינויי אות בשניה, ועל ידי כך ניתן יהיה לשחזר את הנתון. כאשר משדרים שתי רמות אות עבור '0' ו־'1' הרי להעברת 4,000 ס"ש יספיק רוחב סרט של 2,000 הרץ כמודגם בציור 2.6.

אפשר להשתמש בקידוד ועל ידי שינויים מעטים ברמת האות ניתן להעביר כמות גדולה של סיביות. באופן תיאורטי אפשר להגדיל את קיבולת האפיק ללא הגבלה. הבעיה היא שרעשים שקיימים בקו ידרשו לשמור על מרווח מספיק גדול בין רמות האות ובכך יגבילו את הקידוד.

המדען **שנון** פיתח נוסה למקרה של רעש אקראי: $C = W \log_2 (1 + S/N)$. C קיבולת האפיק בס"ש, W רוחב הסרט, S/N יחס הספק האות המשודר להספק הרעש בקו. קו דיבור בטיב ממוצע יאפשר לפי נוסחה זו העברה בקצב של 26,000 ס"ש. בטכניקות שידור מגיעים למהירות של 9,600 ס"ש מכיון שרעש אקראי אינו הרעש היחיד הקיים בקוי תקשורת. בנוסף לכך נדרשת טכניקת קידוד מתוחכמת ביותר, כדי להעביר מינימום שינויי אות עבור רצף של סיביות.

קו הטלפון נועד במקורו להעברת דיבור שהוא אות אנלוגי באופיו. שידור לקו של האות הספרתי כמות שהוא גורם לכך שעל אפיק הטלפון להעביר דרכו גל מרובע אשר שחזורו דורש רוחב סרט גדול מאד. ציוד מיוחד שקרוי **מודם** מאפשר להעביר בקו אות אנלוגי שמייצג את אות המקור הספרתי ובכך להתגבר על חלק ממגבלות רוחב הסרט. על כך נדון בהרחבה בפרק ה'.

מסווגים את האפיקים לפי קיבולם לאפיקים צרי־סרט (Subvoice grade), אפיקי דיבור (Voice grade) ואפיקים רחבי־סרט (Broadband).

– אפיקים צרי־סרט משמשים בדרך כלל לתקשורת טלגרפית במהירות עד 200 ס"ש. זהו בדרך כלל אפיק דיבור המחולק לתת־אפיקים בשיטות של ריבוב חלוקת תדירות, כפי שהוסבר בתחילת הפרק.

– אפיקי דיבור משמשים לתקשורת נתונים במהירות עד 9,600 ס"ש.

– אפיקים רחבי־סרט משמשים לתקשורת נתונים במהירות 19,200 ס"ש ומעלה.

במדריך הטלפון מופיע מחירון של משרד התקשורת לסוגי האפיקים השונים. המעונין יבדוק את המחיר במשרד התקשורת בעת הזמנת קוים.

עיוותים בתמסורת

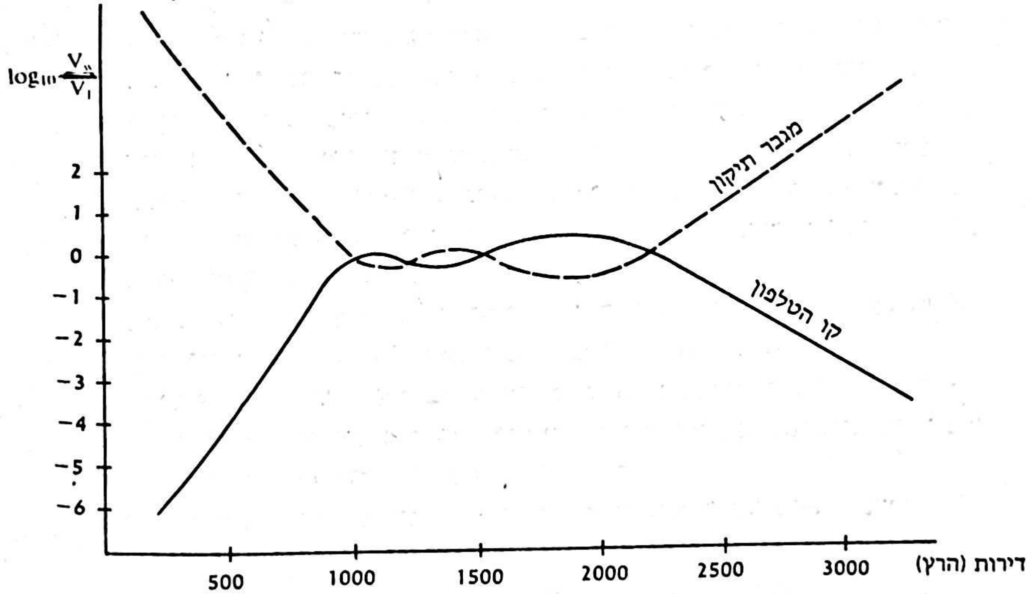
קו הטלפון אינו תיווך אידיאלי להעברת נתונים וקיימים בו עיוותים, או רעשים, אשר משבשים את צורת האות המשודר ומקשים על זיהויו בעת הקליטה. ככל שאיכות הקו טובה יותר, העיוותים בו מעטים יותר וניתן לשדר בו במהירות גבוהה יותר עם אחוז שגיאת נמוך. השיפור באיכות הקו מתבצע על ידי הוספת מעגלי תיקון והגברה.

נסקור בקצרה סוגי עיוותים אופיינים לאפיקי תקשורת, אשר משפיעים על איכות ההעברה של תקשורת ספרתית:

א. עיוותי הנחתה (Attenuation Distortion)

קו התקשורת מנחית את עוצמת האות המשודר בו, אך אין בכך כדי להוות בעיה. לתאור טיב קו מקובל מוצג עקום היענות שהינו גרף בו מושווית רמת המתח שנקלטת בקצה הקו בכל תחום התדירויות של רוחב הסרט (Vw) באופן יחסי לרמה שנקלטת ב־1,000 הרץ (V_1). אילו היה קו הטלפון מנחית את התדירויות בתחום 300 עד 3400 הרץ במידה שווה, היינו מקבלים עקום היענות שטוח. לרוע המזל ההנחתה אינה שווה לכל התדירויות ברוחב הסרט, לכן ההרמוניות השונות מקבלות הנחתה שונה, והדבר גורם לעיוות צורת האות בעת שחזורו. לתיקון עיוות זה משתמשים **במגברי תיקון** (Amplitude Equalizers) שמגבירים את התדירויות המונחתות כדי לקבל עקום היענות שטוח ככל האפשר. מגברים אלו קרויים גם **משווי משרעת.**

ציור 2.7 מראה את עקום ההיענות של קו טלפון אופייני. הקו המרוסק מציג את

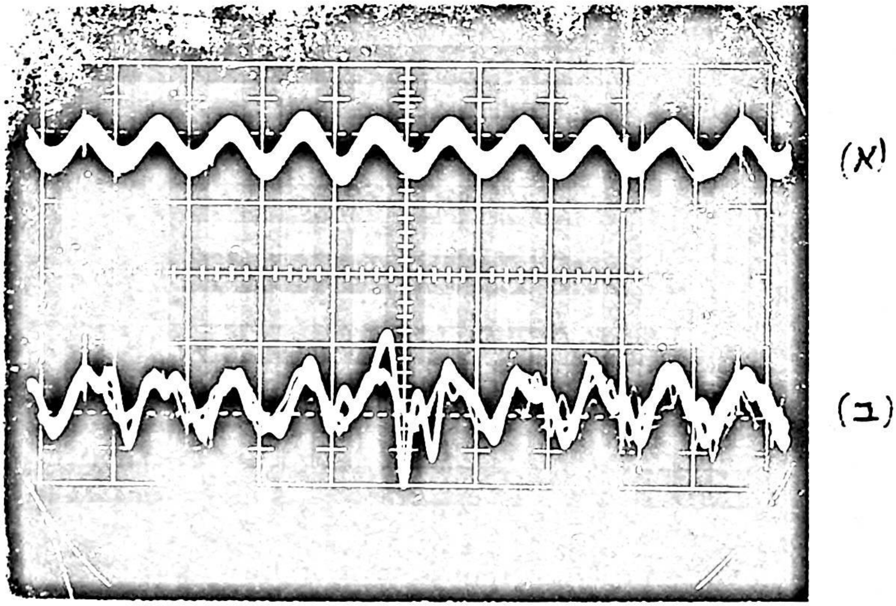


ציור 2.7: עקום ההיענות של קו טלפון ומגבר תיקון

עקום ההיענות של מגבר התיקון אשר נראה כהיפוך של עקום ההיענות של קו הטלפון.

ב. השהיית מעטפת (Envelope delay)

עיוות זה נובע מכך שקו התקשורת אינו מעביר את כל התדירויות ברוחב הסרט במהירות שווה, לכן ההרמוניות השונות מגיעות בזמנים שונים, דבר שמעוות את צורת האות בעת שחזורו. לתיקון עיוות זה משתמשים **במשווי מופע** (Phase Equalizers), אשר גורמים להאטה של התדירויות המתקדמות מהר יותר והשוואתן לתדירויות שמתקדמות לאט יותר.



ציור 2.8: השפעת עיוותי קו על קליטת גל סינוס בעל משרעת קבועה

א. אי יציבות האות
ב. השפעה כוללת של עיוותי הנחתה והשהיית מעטפת

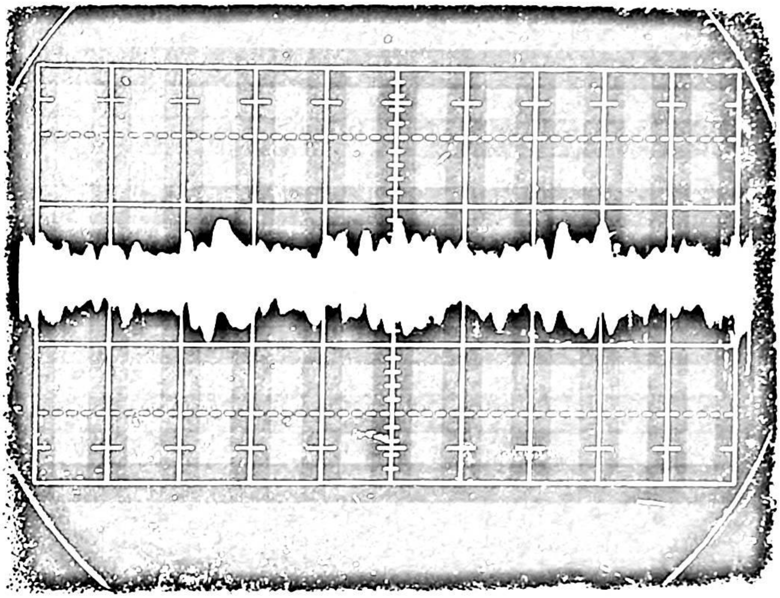
ג. אי־יציבות האות (Phase jitter)

תופעה זו גורמת לאות המשודר להיראות כאילו הוא "רועד". תופעה זו מקשה על קליטה מדוייקת, ויצרני מודמים מציינים בדרך כלל את הערך המכסימלי שהמודם יכול לסבול.

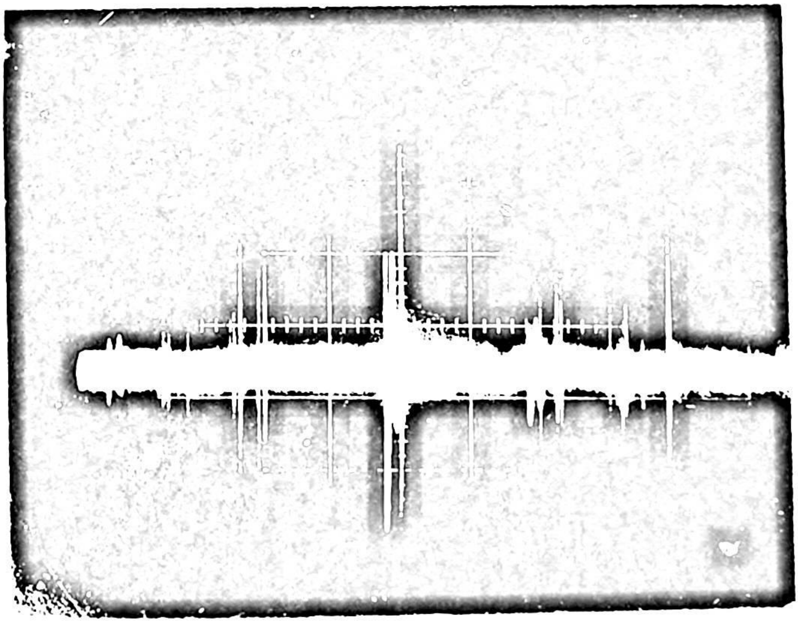
ד. רעש רקע, רעש "לבן" או רעש אקראי

זהו רעש תרמי שנוצר על־ידי כל ציוד אלקטרוני והוא מכיל את כל קשת התדרים (האור ה"לבן" כולל את כל תדירויות הצבע). התגברות על רעש זה

אפשרית על־ידי העלאת עוצמת רמת האות באופן יחסי לרעש. יחס העוצמות קרוי **יחס אות לרעש** (S/N – Signal to Noise ratio). מספר מקובל לקו טוב הוא S/N = 30DB.



ציור 2.9: רעש לבן



ציור 2.10: רעש אימפולס בתוספת לרעש רקע

ה. רעש אימפולס

רעש אימפולס הינו הגורם העיקרי לשיבושים בתקשורת נתונים מכיון שהוא גורם לאובדן או הוספת סיביות. בציור 2.10 ניתן לראות את צורת ההפרעה שנראית כדופק. אם הדופק הינו בקוטביות הפוכה משל הסיבית המשודרת היא תשתבש. גורמים לרעש זה מימסרי מיתוג במרכזיות, כלי עבודה חשמליים, מגעים חשמליים רוטטים וכדומה. סיכוך קוי התקשורת יסייע למניעת רעש זה.

ו. היסט תדר (Frequency shift)

לתדירויות המשודרות בקו נגרמים היסטי תדר שמתבטאים בכך שבקצה הקו נקלטת תדירות שונה במעט מהתדירות ששודרה. יצרני המודמים מציינים בדרך כלל מהו היסט התדר המכסימלי שהציוד שלהם יכול לשאת ללא שיבושים (בדרך כלל עד 5_{HZ}).

ז. השראה (Cross talk)

רעש זה נובע כתוצאה מהשראה בין קוי תקשורת סמוכים. להקטנת תופעה זו משתדלים להמנע מניצול כל זוגות הקוים בכבל התקשורת כדי ליצור מרחק פיסי ביניהם. בנוסף לכך מגביל משרד התקשורת את רמת האות המשודר לקו, מכיון שההשראה גדלה ככל שרמת האות עולה. הגבלה זו אינה מאפשרת השגת יחס גבוה של אות לרעש, שפרושו אבחנה ברורה יותר בין האות לרעש.

ח. שינויי עוצמת האות עם הזמן (Signal loss variations with time)

עקומת ההיענות מצביעה על כך שקו הטלפון מנחית את התדירויות השונות בצורה שונה והדבר גורם לעיוות. בנוסף לכך גורמת עצם ההנחתה להפסדי אנרגיה בקו וכדי להתגבר עליהם יש צורך בהעלאת רמת האות. ההנחתה אינה קבועה אלא משתנית עם הזמן ויש לה הן שינויים רגעיים והן שינויים לאורך זמן.

ספקי שירותי התקשורת באירופה ובארה״ב קבעו תקנים לאיכות העברה בהם מוגדרת רמת העיוותים המותרת בכל סוג קו. המונח הלועזי לטיב הקו הוא Conditioning.

ציור 2.11 מכיל טבלה חלקית מתוך הצעה של CCITT (ועדה אירופית לתקנים) אשר מגדירה תקנים לקוים שונים באשר לעיוותי הנחתה והשהיית מעטפת. ניתן לראות שבקו באיכות C4 העיוותים קטנים יותר בשני סוגי העיוות מאשר בקו מאיכות C1. הקוים הרגילים שמספק משרד התקשורת להעברת נתונים הינם באיכות C1. לכל סוג קו קובעים ספקי שירותי התקשורת תעריף שונה. ספק השירותים בארץ הוא משרד התקשורת.

כינוי הקו	סוג C1 איכות E		סוג C2 איכות F		סוג C4 איכות H		מפרט M 102	
כינוי קודם	סוג 3003 איכות 4A		סוג 3004 איכות 4 B		סוג 3005 איכות 4C			
תקן לעיוותי הנחתה (שינויי משרעת)	שנויי משרעת (db)	תחום תדירות (H_z)	שנויי משרעת (db)	תחום תדירות (H_z)	שנויי משרעת (db)	תחום תדירות (H_z)	שנויי משרעת (db)	תחום תדירות (H_z)
	−2 − +6 +1 − +3 −2 − +6	300 − 999 1000 − 2400 2401 − 2700	−2 − +6 −1 − +3 −2 − +6	300 − 499 500 − 2800 2801 − 3000	−2 − +6 −2 − +3 −2 − +6	300 − 499 500 −3000 3001 − 3200	−2 − +6 −1 − +13 −2 − +6	300 − 499 500 − 2800 2801 − 3000
תקן לעיוותי מופע (השהיית מעטפת)	השהיית מעטפת (μsec)	תחום תדירות (H_z)	השהיית מעטפת (μsec)	תחום תדירות (H_z)	השהיית מעטפת (μsec)	תחום תדירות (H_z)	השהיית מעטפת (μsec)	תחום תדירות (H_z)
	1000	1000 − 2400	500 1500 3000	1000 − 2600 600 − 2600 500 − 2800	300 500 1500 3000	1000 − 2600 800 − 2800 600 − 3000 500 − 3000	500 1500 3000 4000	1000 − 2600 600 − 2600 500 − 2600 2600 − 2800

ציור 2.11: חלק מהגדרות CCITT לטיב קוים

קוי חיוג לעומת קוים פרטיים

משרד התקשורת מספק שני סוגים של תקשורת טלפונית. האחת באמצעות קוי חיוג והשניה באמצעות קוים פרטיים (או חכורים).

קוי חיוג (Dial-Up Lines)

הקשר בין המסוף למחשב נעשה באמצעות חיוג מספרי הטלפון שמוקצים לכניסות הקלט של המחשב. מספר הכניסות קטן בדרך כלל ממספר המסופים שעשויים להתקשר. לכן, כאשר נעשה חיוג מהמסוף למחשב והכניסה פנוייה – מבוצע הקשר, וכאשר אין כל כניסה פנוייה ישמע צליל "תפוש", כפי שהדבר קורה בעת שיחת טלפון רגילה.

המסוף יכול להתקשר אל המחשב בחיוג בשני אופנים. בדרך הפשוטה מפעיל המסוף מחייג אל מפעיל המחשב ומבקש ממנו לחבר את קו הדיבור אל הכניסה המתאימה במחשב, אם זו פנוייה. מפעיל המסוף מחבר את קו הטלפון שבידו אל הכניסה המתאימה במסוף. בהמשך נראה שהחיבורים נעשים באמצעות מכשיר הקרוי **מודם**. במקרה זה רואה המחשב את הקו כקו פרטי, כפי שיוסבר בהמשך.

קיימת גם אפשרות שהמחשב יחייג אל המסוף על־ידי שימוש באביזר לחיוג אוטומטי (Automatic Calling Unit). תוכנית המחשב מזינה לאביזר זה את הספרות של מספר הטלפון של המסוף והוא שולח לקו צלילי חיוג, כפי שעושה אדם המשתמש בחוגת מכשיר הטלפון.

חסרונות השימוש בחיוג:

א. בחיוג אין מקצים קו ישיר קבוע בין המסוף למחשב, אלא משתמשים במרכזית משרד התקשורת. ההתקשרות מתבצעת על־ידי חיבור המנוי אל המען באמצעות מרכזיה אחת או יותר. כתוצאה מכך הקו המחבר בין המסוף למחשב אינו קבוע אלא מורכב מקטעי קוים (חוליות) שונים המשתנים מחיוג לחיוג. מכיון שלא קיים קו קבוע הרי גם טיב הקו ובהתאם לכך טיב הקשר אינו קבוע. הדבר מוכר בודאי לקורא מתוך נסיונו בחיוג טלפוני, כאשר בנסיון חיוג אחד מתקבל קו גרוע שאינו מאפשר שיחה כתוצאה מרעשים והנחתה רבה, ובנסיון שני מיד לאחר מכן מתקבל קו טוב בו נשמעת השיחה היטב.

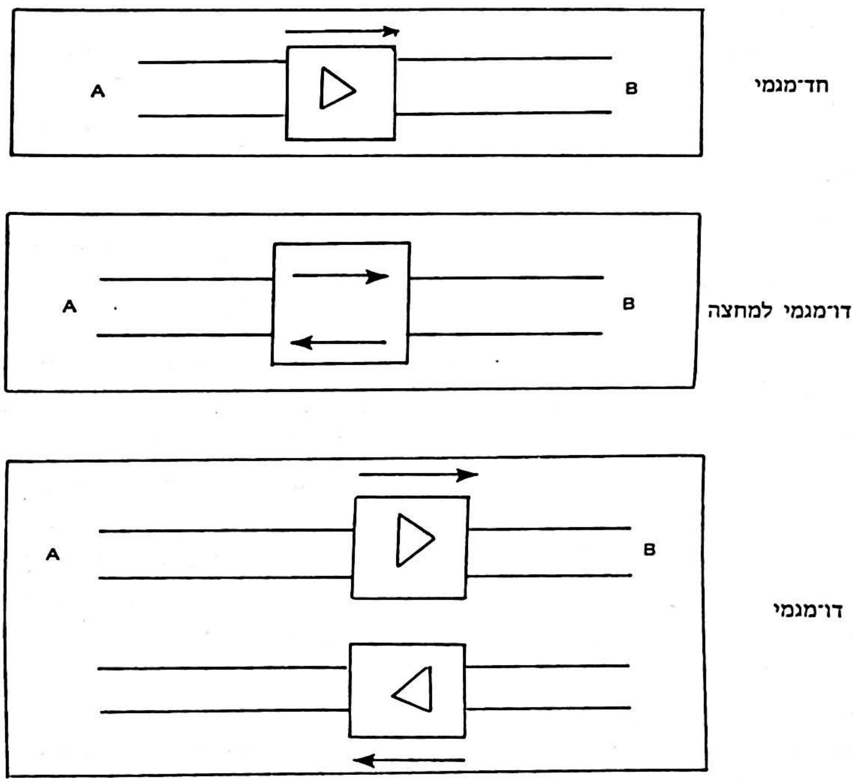
ב. קו החיוג עובר דרך ממסרי מיתוג במרכזיות ולכן הוא סובל מרעש אימפולס.

ג. לצורך העברת אותות בקרה של החיוג כמו: צלצול, הרמת שפופרת, צליל תפוש וספרות החיוג יש צורך בשימוש בחלק מרוחב הסרט של הקו. הקטנת רוחב הסרט פירושה הקטנת קיבולת האפיק.

מסיבות אלה מגבילים בדרך כלל את השימוש בקוי חיוג להתקשרויות במהירויות שידור נמוכות שאינן דורשות איכות קו מעולה, או לצרכי גיבוי כאשר הקו הפרטי מתקלקל. יתרונה של שיטת החיוג הוא מחירה הזול. כאשר ההתקשרות נעשית בתוך אזור חיוג מחירה כמחיר שיחה מקומית אחת, ללא תלות במשך הזמן.

קוים פרטיים (Leased Lines)

קו פרטי מחובר בצורה ישירה וקבועה בין המסוף למחשב. העובדה שניתוב הקו הוא קבוע וידוע מאפשרת שיפור טיבו על־ידי הוספת ציוד ואביזרים מיוחדים למטרה זו. קו פרטי עובר לעיתים דרך מרכזיה אחת או דרך מרכזיות אחדות של משרד התקשורת אשר בהן קיים חיבור קבוע בין קטעי הקו (ולא מיתוג). מחיר השימוש בקו פרטי נקבע לפי איכותו ולפי אורכו.



ציור 2.12: כיווניות העברת הנתונים

כיווניות הקשר

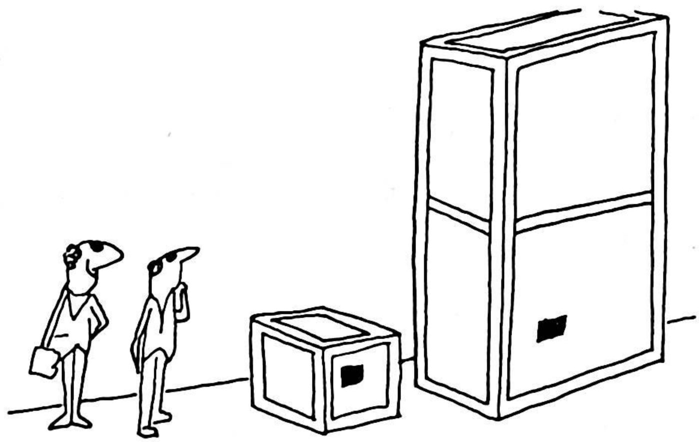
סיווג נוסף שקיים לגבי קוי תקשורת מתייחס לכיווניות התמסורת:

א. קו חד־מגמי (Simplex) הוא קו שמאפשר תמסורת חד־סטרית, כלומר, בכיוון אחד בלבד. למעשה קו זה לא נמצא בשימוש משרד התקשורת והוא מוזכר רק לשם הסבר המושג.

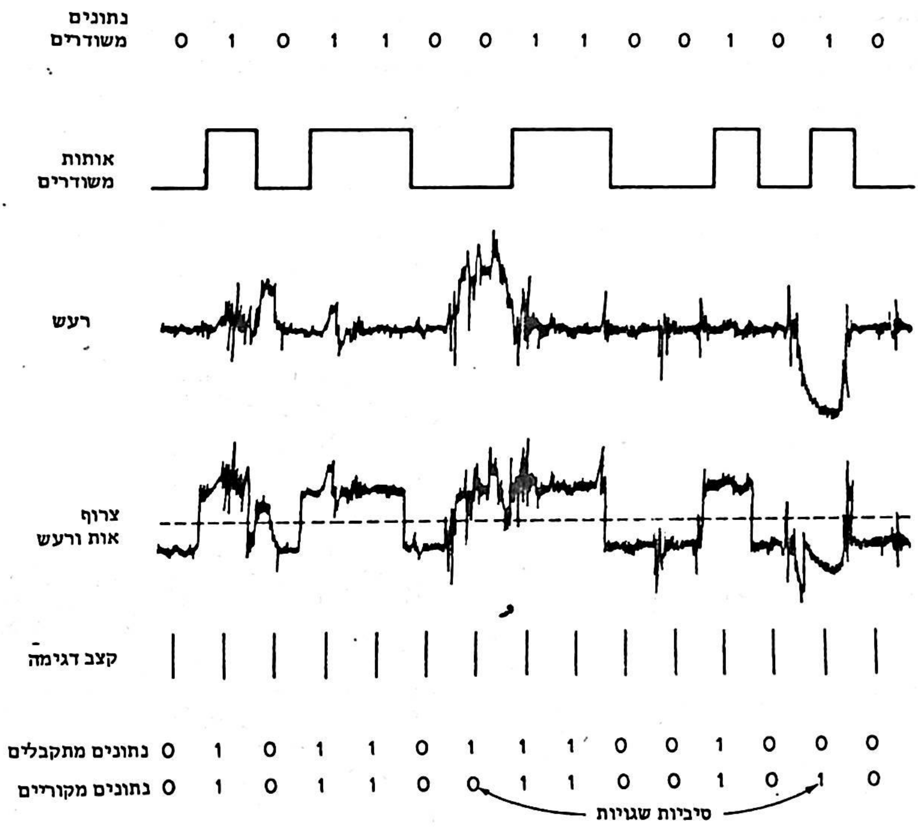
ב. קו דו־מגמי למחצה (Half Duplex) הינו קו שמאפשר תמסורת לכאן או לכאן, כלומר דו־כיווניות אבל לא בעת ובעונה אחת.

ג. קו דו־מגמי (Full Duplex) הינו קו שמאפשר תמסורת דו־סטרית, כלומר שידור בשני כיוונים בעת ובעונה אחת. קו דו־מגמי מורכב בדרך כלל משני קוים שאחד משמש לשידור בלבד והשני משמש לקליטה בלבד. מאוחר יותר נדון בנושא "זמן סבב" ונראה שרצוי מאוד להשתמש בקוים דו־מגמיים.

קו הטלפון הרגיל הוא בעל זוג תילים (2 wire) הוא מאפשר תמסורת דו־מגמית למחצה בלבד. קו חיוג הוא קו דו־תילי, ולפיכך הוא דו־מגמי למחצה. בקו דו־מגמי דרושים 4 תילים, כלומר שני קוי טלפון דו־תיליים. הקצאת שני קוי טלפון מייקרת מאוד את מחיר התקשורת ולפיכך משתמשים לעיתים במודמים אשר מפצלים לשניים את רוחב הסרט של קו דו־תילי אחד ויוצרים בו קו ארבע תילי (4 wire).



"אתה טועה, הקופסה הקטנה הינה
המחשב. האחרת היא עבור ספרי ההפעלה"



תמסורת בתנאי רעש

פרק ג':

קודים ושיטות תמסורת

שיטות ייצוג תוים

בתוך זכרון המחשב מיוצגת ספרות ואותיות על־ידי תוים. במחשבי יבמ מיוצגות הספרות והאותיות בשיטת EBCDIC (Extended Binary Coded Decimal Interchange Code). בקוד זה מורכב כל תו על־ידי שמונה סיביות (Bits) ועל־כן ניתן לתאר בעזרתו 256 סימנים שונים. קוד אחר אשר מקובל במחשבים כמו מחשבי HP למשל, הוא ASCII (American Standard Code for Information Interchange). בקוד זה מיוצג כל תו על־ידי שבע סיביות המאפשרות תאור של 128 סימנים שונים. להעברת מברקים משתמש משרד התקשורת בטלפרינרים שעובדים בקוד באודו (Baudot) שבו כל תו מיוצג על־ידי חמש סיביות המאפשרות תיאור של 32 סימנים בלבד.

צירופי הסיביות השונים אשר אפשריים בכל אחד מהקודים מיועדים למטרות שונות:

- להצגת התוים המקובלים: ספרות, אותיות וסימנים גרפיים כמו נקודה, פסיק, +, –, <, >, =, ועוד.
- להיות תוי בקרת תמסורת בהם נדון בפרק זה ובפרק הבא. תוים אלו משמשים כסימנים מוסכמים בין המסוף למחשב בעת קיום התקשורת.
- להיות תוי פיקוח על המסוף, ביניהם: מעבר לשורה חדשה, סימון התחלת הדפסה וסוף הדפסה.

בישראל משתמשים בחלק מהתוים לייצוג האותיות העבריות בנוסף לאותיות באנגלית. על־ידי כך אפשר להציג ולהדפיס בו־זמנית הן בעברית והן באנגלית באותיות גדולות וקטנות. מן הראוי לציין שצירוף שלוש האפשרויות האלו אינו קיים בכל המסופים.

בכדי שמסוף ומחשב יוכלו להתקשר ולהעביר ביניהם נתונים, דרושים נוהלים שיגדירו מהו הקוד שבו מיוצגים התוים, כיצד מזהים תחילת תשדורת וסיומה, כיצד מתגברים על תקלה בתקשורת ועוד. נוהלים אלו קרויים **משטר־קו** (Line Control) והם מתוארים בפרק ד'. בפרק זה נדון בכמה מהנושאים בהם מטפל משטר הקו: סינכרון וגילוי שגיאות שידור.

סינכרון

ציוד קלט ופלט מקומי מחובר למחשב בכבלים מרובי תילים אשר מאפשרים העברת סיביות במקביל. מבנה זה של הכבלים מאפשר שידור כל סיביות התו במקביל ושידור התוים נעשה ברצף בזה אחר זה. לא כך הדבר בתקשורת. קו הטלפון הינו דו־תילי ויכול להעביר סיביות בודדות בזו אחר זו. לשידור תו אחד בשיטת EBCDIC למשל יש להעביר 8 סיביות בזו אחר זו ולאחריהן אפשר לשדר את הסיביות של התו הבא.

לשם פשטות נניח שקיום מתח בין 2 התילים ברגע מסוים יורה על קיום סיבית '1' וחוסר מתח ביניהם יורה על קיום סיבית '0'. המסוף בצידו השני של הקו קולט את הסיביות על־ידי דגימת הקו בכל פרק זמן המתאים לזמן שידור סיבית. כאשר משדרים בקצב של 50 ס"ש למשל, משך השידור ("אורך") של כל סיבית הוא 20 מילישניות, וזהו הקצב בו צריך המסוף או הצד הקולט לדגום את הקו. הבעיה העיקרית הינה השמירה על קצב הדגימה והתאמתו לראשית וסיום כל תו ותו במהלך השידור.

Bits 0,1		00				01				10				11			
Bits 2,3		00	01	10	11	00	01	10	11	00	01	10	11	00	01	10	11
Bits 4567	Hex 1 \ Hex 0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0000	0	NUL	DLE			SP	&	-						{	}	\	0
0001	1	SOH	SBA			א	י	/	ת	a	j	~		A	J		1
0010	2	STX	EUA		SYN	ב	ך	ע		b	k	s		B	K	S	2
0011	3	ETX	IC			ג	כ	ף		c	l	t		C	L	T	3
0100	4					ד	ל	פ		d	m	u		D	M	U	4
0101	5	PT	NL			ה	ם	ץ		e	n	v		E	N	V	5
0110	6		BS	ETB		ו	מ	צ		f	o	w		F	O	W	6
0111	7			ESC	EOT	ז	ן	ק		g	p	x		G	P	X	7
1000	8					ח	נ	ר		h	q	y		H	Q	Y	8
1001	9		EM			ט	ס	ש	`	i	r	z		I	R	Z	9
1010	A					$	!	¦	:								
1011	B					.	לֹ	,	#								
1100	C	FF	DUP		RA	<	*	%	@								
1101	D	CR	SF	ENQ	NAK	(	)	_	'								
1110	E		FM			+	;	>	=								
1111	F		ITB		SUB	|	¬	?	"								

ציור 3.1: קוד EBCDIC עבור 3270

פעולת הדגימה בקצב הנכון נקראת **סינכרון**. קיימות שתי שיטות סינכרון, השיטה הסינכרונית והשיטה האסינכרונית אשר תוסברנה בהמשך.

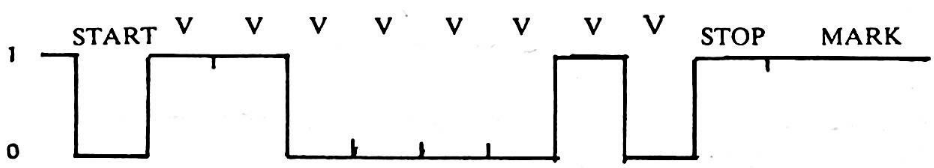
לשם ביצוע הסינכרון של שתי תחנות בקצות הקו הפועלות בכל אחת משיטות הסינכרון דרושים מספר נתונים מוקדמים:

– אורך התו בסיביות,
– הקוד בו מיוצגים התוים,
– מהירות הקו.

תמסורת אסינכרונית

שיטת השידור הפשוטה ביותר קרויה תמסורת אסינכרונית (Asynchronous Transmission). בשיטה זו כל תו מתחיל בסיבית מיוחדת הנקראת "אות פתח" (START Signal) ומסתיים בסיבית אחת או יותר שקרויה "אות פסק" (STOP Signal). כלומר, בשיטה האסינכרונית מסתנכרן המסוף מחדש עם שידור של כל תו.

ציור 3.2 מראה את מבנה התו B אשר יצוגו בשיטת EBCDIC הוא '1100010'. לפניו ואחריו מופיעות סיביות הסינכרון. החיצים מראים את נקודות הדגימה.



ציור 3.2: יצוג התו B ב־EBCDIC בשידור אסינכרוני

במונחים של רמת מתח על הקו קרוי מצב '1' בשם Mark ומצב '0' בשם Space. כאשר אין משדרים דבר על הקו הוא מוחזק בדרך כלל במצב Mark, וזהו גם המצב של אות פסק (Stop), כלומר סוף שידור תו. אות פתח (START) של התו הבא יביא את הקו למצב Space ושינוי המצב יגרום למקבל השידור לבצע מחדש את הסינכרון.

החסרון של התמסורת האסינכרונית הוא הקטנת יעילותה מכיון שלכל תו משודר נוספות לפחות שתי סיביות למטרת סינכרון. חוסר היעילות מתבטא בעומס נוסף של 25 אחוזים בשיטת EBCDIC או הקטנה מתאימה בקיבולת היעילה של הקו. יתרונה של השיטה האסינכרונית הוא בפשטותה ועל כן יישומה במסופים אינו דורש חומרה מתוחכמת ומחיר הפעלתה נמוך. בשיטה זו משתמשים במסופים איטיים ובמהירות שידור עד 1200 ס"ש.

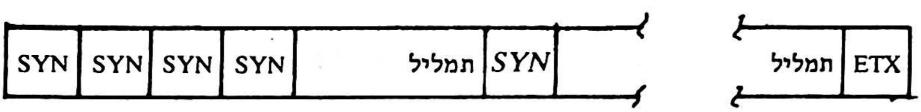
תמסורת סינכרונית

בשיטת התמסורת הסינכרונית (Synchronous Transmission) משתמשים

בתוי בקרת תמסורת מיוחדים לביצוע הסינכרון של התחנות בשני קצות הקו. למשל, תו־סרק־סינכרוני SYN בשיטת EBCDIC (ציור 3.1) מיוצג על־ידי הצרוף הבינרי '00110010'.

בשיטה הסינכרונית התחנה המקבלת מסתנכרנת בתחילת התשדורת ואחר כך עליה לשמור על קצב דגימות נכון עד לקליטת תו הסינכרון הבא. תוי הסינכרון נשלחים בתחילת השידור ואף בתוך התשדורות עצמן. מנגנון הסינכרון במסופים רגיש למעברים מ־"0" ל־"1" ולהיפך, ושליחת תוי הסינכרון מבטיחה שיהיו מעברים כאלה. לזיהוי סוף תשדורת קיים תו בקרה המסמן **סוף־גוף־הודעה** – ETX (End of Text).

באחת משיטות השידור הקרויה BSC (Binary Synchronous Communication) מקובל להוסיף תו סינכרון בכל שניה של שידור. על כן, אם משך התשדורת הוא 2 שניות יופיעו בה מספר תוי סרק סינכרוניים בתחילה ותו לאחר כל שניית שידור. ציור 3.3 מדגים מבנה תשדורת בשיטה הסינכרונית. תו סינכרון סומן ב־SYN ותו סוף־גוף־הודעה סומן ב־ETX.



ציור 3.3: תשדורת סינכרונית

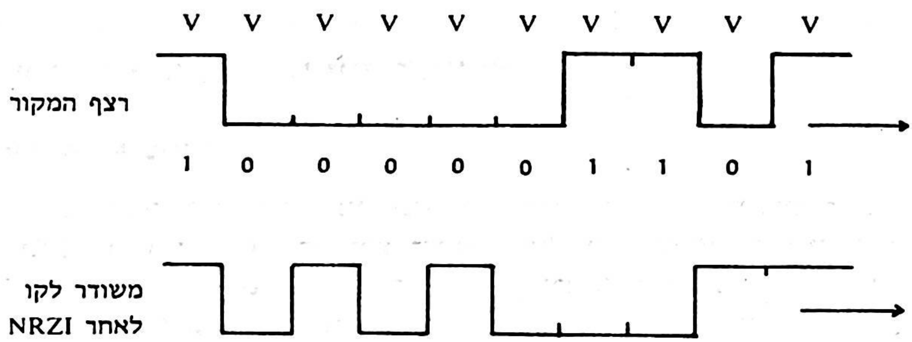
בתמסורת סינכרונית התחנה הקולטת חייבת לשמור על סינכרון נכון במשך כל זמן קליטת התשדורת. כאשר התשדורת קצרה אין בכך כל קושי, אולם כאשר התשדורת ארוכה יש חשש של "יציאה מסינכרון". תשדורת ארוכה מחלקים לקטעים הקרויים **גוש** (Block). צירוף הגושים לתשדורת שלימה הינו באחריות מקבל התשדורת. מבחינת השידור מהווה כל גוש יחידת תשדורת נפרדת אשר לה תוי סינכרון בראשה ותוי סוף־שידור־גוש (ETB) המציינים את סופה. שתי סיבות עיקריות לחלוקת תשדורת ארוכה לקטעים:

- במקרה של תקלה בשידור חוזרים רק על הגוש ולא על כל התשדורת ובכך נחסך זמן רב.
- כאשר המסוף המקבל מוגבל בקיבולת התוים שהוא יכול לקלוט בבת אחת נשלחת לו התשדורת בגושים באורך האפשרי.

שיטות תמסורת חדשות

בשיטה הסינכרונית קשה לשמור על סינכרון כאשר בתמליל ישנו רצף של סיביות אפס. בעיה זו נפתרה על־ידי שיטת שידור חדשה שבה מקיימים שינויים ברמת המתח המשודר לקו גם כאשר ישנם אפסים רצופים. שיטת שידור זו קרויה ביבמ SDLC (Synchronous Data Link Control) והיא ידועה גם בשם HDLC (High Level Data Link Control).

הטכניקה המיושמת בשיטות שידור אלו היא Non Return To Zero) NRZI Inverted). כל זמן שמופיע '1' ברצף התוים משאירים את רמת המתח במצבה הקודם, אך כאשר מופיע '0' הופכים את רמת המתח. פעולה זו מתבצעת על־ידי התחנה המשדרת ומשוחזרת בתחנה הקולטת. ציור 3.4 מדגים את טכניקת שידור NRZI, החיצים מראים את נקודת הדגימה באמצע הסיבית, וניתן לראות שרצף האפסים גורם לשינויים ברמת המתח.



ציור 3.4: NRZI

כדי לשמור על סינכרון, כאשר מופיע רצף של הסיבית '1', מבצעת התחנה המשדרת בשיטת SDLC הוספה של '0' לאחר כל 5 תוי '1' רצופים. התחנה הקולטת מורידה אחר כל 5 תוי '1' רצופים את ה־'0' הנוסף. לפעולה זו ישנה סיבה נוספת שתוסבר בהמשך.

רצף המקור 011110111111000
משודר לקו 0111101111101000
↑
סיבית זו תוסר
על־ידי התחנה הקולטת

ציור 3.5: הוספת אפסים ב־SDLC

הטיפול בשגיאות

בפרק ב' דנו בסוגי עיוותים הקיימים בקוי תקשורת אשר הינם אחד הגורמים לתקלות בהעברת הנתונים. גורם אחר הם האלמנטים הרבים הנמצאים בין המסוף לבין תוכנית היישום שבמחשב. תקלות בתקשורת גורמות לכך שחלק גדול מהמאמץ בפיתוח מערכת תקשורת מושקע בטיפול בתקלות, באיתור הרכיב המקולקל, במתן כלים לביצוע בדיקות של מרכיבי הרשת, ועוד. בקלט־פלט רגיל (סרטים ודיסקים) מקובל שתדירות השגיאות היא שגיאה אחת לכל מספר מליונים של בתים, ובתקשורת מספר מקובל הוא שגיאה אחת

לעשרת אלפים תוים משודרים.

בחקירה של התפלגות שגיאות הקו נמצא שב־90 אחוזים מהשגיאות התקלה היתה בסיבית אחת, וב־10 אחוזים מהשגיאות התקלה היתה ב־2 סיביות או יותר. כמו כן נמצא שגושים שלימים של נתונים עלולים להיעלם כתוצאה מנתקים (הפסקת שידור בקו). במדידה שנערכה בבריטניה נמצא ש־50 אחוזים מהנתקים הם באורך קטן מ־100 מילישניות.

שיטות לאיתור שגיאות תמסורת

שיטות אוטומטיות

השיטות המקובלות לאיתור שגיאות תמסורת, הנובעות מתקלות קו קרויות VRC, LRC ו־CRC . העיקרון בשיטות אלה הוא הוספת סיביות או תוים לתשדורת כדי לאפשר בדיקות התמליל. במידה וקורית שגיאת קו שמשבשת מספר סיביות בתמליל, תוי הבדיקה יגלו ששגיאה כזו קרתה.

א. (Vertical Redundancy Check) VRC

זהו קוד לבדיקת זוגיות לתו, אשר קרוי לעיתים גם Parity. קוד זה מורכב מסיבית אחת שנוספת לכל תו, כך שהמספר הכולל של סיביות '1' בתו יהיה אי־זוגי (או זוגי, בהתאם לשיטת התקשורת). המסוף שקולט את התו בודק את מספר סיביות '1' הקיימות בו, ואם מספר הסיביות אינו אי־זוגי התו מוכרז כשגוי. שיטה זו לא מגלה שגיאת קו שגורמת למספר זוגי של סיביות שגויות.

ב. (Longitudinal redundancy check) LRC

שיטה זו קרויה גם Block Parity והיא מכילה תו נוסף לכל גוש של תמליל. התו נרשם בסוף הגוש ומשמש לבדיקת זוגיות של כל התוים בגוש. ציור 3.6 מדגים VRC אי־זוגי עם LRC זוגי. BIT-0 של ה־LRC הוא '1' כדי להשלים את כמות

	5 תוים (תו)					LRC
BIT-0→	1	0	1	1	0	1
	0	0	1	1	0	0
	0	0	1	1	0	0
	1	0	0	0	1	0
	1	0	0	0	1	0
	1	0	0	0	0	1
	0	0	1	0	0	1
BIT-7→	0	0	0	0	1	1
VRC-BIT→	0	0	0	0	1	1

גוש

ציור 3.6: VRC ו־LRC בגוש בן 5 תוים

ה־"1' ב־BIT-0 של כל תוי הגוש למספר זוגי, דהיינו 4. לעומת זאת סיבית ה־VRC של התו הראשון היא '0' כדי להשלים את כמות ה־"1' בתו למספר אי־זוגי כלומר – 5.

ג. CRC (Cyclic Redundancy Check)

בדומה ל־LRC גם קוד זה משמש לגילוי גוש שגוי. זו שיטה מתוחכמת שמאפשרת לגלות אחוז גבוה מאד של שגיאות קו. השיטה מבוססת על קוד Hamming אשר בו מבצעים חלוקה אלגברית של תוי הגוש בביטוי אלגברי הקרוי פולינום הבדיקה. מחלוקה זו מתקבלת שארית אשר נרשמת בסוף הגוש (2 תוים) וקרויה תוי CRC או BCC (Block Check Character). בצד הקולט מבצעים שוב את פעולת החילוק של הגוש בפולינום הבדיקה ומשוים את התוצאה ל־CRC הנקלט. באופן מעשי אין מבצעים חלוקה אלא מקבלים את השארית על־ידי פעולת הזזות ו־Exclusive OR בין תוי הגוש ופולינום הבדיקה. ב־BSC וב־SDLC משמש כפולינום בדיקה הביטוי:

$$X^{16} + X^{12} + X^{5} + X$$

כאשר הצד הקולט מגלה שגיאה בתמליל שהגיע אליו הוא יכול לתקן את השגיאה, במידה ויש לו את הכלים לעשות זאת, או לבקש מהצד המשדר לחזור על הגוש השגוי.

שיטות תכנות והפעלה

בגלל האופי האקראי של הרעשים בקוים, כמות הסיביות שעלולות להשתבש נעה בין סיביות בודדות לגושים שלימים. שימוש בקודים לתיקון מספר רב של שגיאות דורש תוספת של תוי בדיקה רבים בסוף כל גוש, דבר שמוריד את יעילות התקשורת. היכולת לתקן שגיאות מייקרת גם כן את מחיר ציוד התקשורת.

מסיבות אלה מקובל ברוב מערכות התקשורת השימוש בשידור חוזר של גוש שגוי. יש לקבוע גודל אופטימלי של גוש, כך שמצד אחד לא ישלחו בתשדורת מעט מדי נתונים עם תקורה גבוהה, ומצד שני לא יהיה צורך לחזור במקרה של תקלה על גושים ארוכים.

כאשר מסוף משדר גוש נתונים (תמליל) הוא מחכה לאישור מהצד הקולט שהגוש נקלט בצורה תקינה. כל זמן שאישור זה לא מתקבל, צריך המסוף לשמור על גוש הנתונים במאגר פנימי. מאגרים פנימיים מקובלים הם בגודל 256 עד 2,000 תוים, ואורך הגוש המשודר מותאם בדרך כלל לגודל המאגר. כאשר המאגר הוא גדול והקו באיכות ירודה מקובל לקטוע את התשדורת לשרשרת גושים. במידה שידוע שהקו הוא מאיכות טובה, ניתן לבקש אישור המסוף אחת לכמה גושים משודרים. שיטה זו נהוגה ב־SDLC אך אינה קיימת ב־BSC, בו מבקשים אישור לקליטה תקינה לאחר כל גוש.

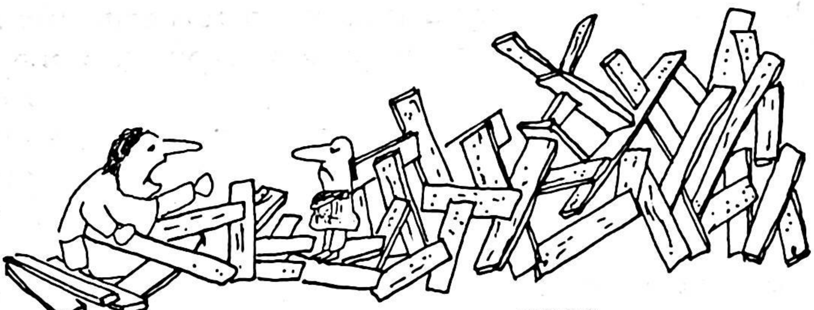
כאשר בקצב שידור נתון יש אחוז שגיאות גבוה מהרצוי אפשר להוריד את קצב השידור ועל־ידי כך להקטין את אחוז השגיאות (ראה פרק ב' – קיבולת האפיק).

שיטה זו גם כן אינה רצויה בכך שהיא מקטינה את תפוקת הקו.

בעיה נוספת בטיפול בשגיאות היא אובדן של גוש שלם. כדי שגוש יאבד מספיק שתוי בקרה שמציינים את תחילתו או את סופו משתבשים. לבעיה זו מספר פתרונות. ב־BSC סופרים מתחילת ההתקשרות את מספר הגושים ששודרו, ונותנים אישור שונה לגוש אי־זוגי ולגוש זוגי. ב־SDLC האישור מתבצע תוך התייחסות למספר הסידורי של הגוש.

קיימים מסופים אשר אינם מבצעים כל בדיקה שהיא על הנתונים המשודרים אליהם. אם הנתונים מכילים תמליל קריא על־ידי אדם כמו מברק למשל, יכול הקורא להבחין בשיבושים הנובעים משגיאות שידור, לפענח את התו השגוי או לבקש חזרה על השידור. במסופים כאלה מקובל לשדר פעמיים, מראש, נתונים מספריים או משפטים חשובים אשר כל שיבוש קטן יכול לשנות את משמעותם ללא יכולת אבחנה בטעות.

אם המסופים מיועדים לעבודה רצופה בעיבוד נתונים כמו תכנות, קלט נתונים, תשובות לשאילתות, עדכון קבצים ועוד, חייבים להפעיל שיטות אוטומטיות לאיתור שגיאות כדי לשמור על אמינות המערכת.



כאשר אפיון המערכת אינו תואם את דרישות הצרכן ...

פרק ד':
ניצול יעיל של אפיקי התקשורת

חיבור מסופים לרשת התקשורת

בעת תכנון מערכת תקשורת עומדות לפני המתכנן מספר אפשרויות אשר לכל אחת מהן יתרונות וחסרונות מבחינת מחיר, אמינות, זמן תגובה, יכולת יישום, נוחות הפעלה ועוד. מחירם של קוי התקשורת והעובדה שארצנו אינה משופעת בקוים באיכות טובה, יוצרים את הצורך לנצל את קוי התקשורת בצורה יעילה.

אחת הדרכים לניצול יעיל של הרשת היא שימוש ברשת שאינה שייכת לארגון שבו נעשה עיבוד הנתונים, אלא שייכת למשרד התקשורת ואשר נותנת שירותי תקשורת לגופים שונים, בדומה לשירותי הטלפון.

רשת החיוג האנלוגית

הצורה הפשוטה והמוכרת ביותר של רשת ציבורית היא רשת החיוג האנלוגית המשמשת את המדינה לצורכי שיחות טלפון. מפעיל המסוף שמעונין להתקשר למחשב מחייג את מספר הטלפון של המחשב. החיוג יכול לעבור דרך מרכזיה אחת או דרך מספר מרכזיות של משרד התקשורת, כשכל מרכזיה בוחרת קטע קו (חוליה) עד למרכזיה הבאה והמרכזיה האחרונה מבצעת את הקישור למחשב.

כאשר המשתמש נזקק לקו לפרקי זמן ארוכים או לעיתים תכופות כדאי לו לבקש מהדואר חיבור קבוע בין המסוף למחשב, זהו חיבור נל"ן (נקודה לנקודה, Point–To–Point) שבו הקו עומד לרשות המשתמש בכל עת שיחפוץ. קו נל"ן פועל כמו קו פרטי אשר דנו בו בפרק קודם. החיבור הקבוע נעשה על-ידי הדואר וחוסך את הצורך בחיוג ועם זה גם את המיתוג המבוצע בעקבותיו במרכזיה או במרכזיות. לקו הקבוע יש השלכה על איכות השידור, כפי שנראה בהמשך.

רשת מיתוג מנות

רשת מתקדמת יותר, נפרדת מרשת החיוג האנלוגי, מיועדת למטרת העברת נתונים בלבד. רשת ציבורית כזאת קיימת כיום בצרפת, בקנדה ובארה"ב והיא

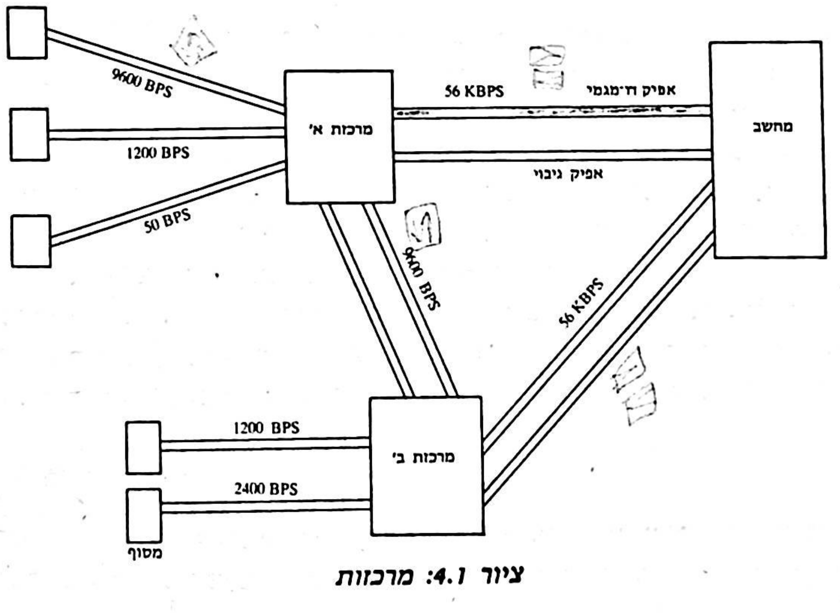
נותנת שירות מיתוג מנות (Packet Switching). בשירות זה קיימים מחשבי צומת אשר מרכזים את התעבורה באיזורם בדומה למרכזיה של רשת הטלפון . מחשבי הצומת מחלקים את התשדורות לגושים באורך קבוע הקרויים **מנות**, ולכל מנה מוצמדת כתובת היעד לצורכי ניתוב. במידה וקו מסוים בין מחשבי הצומת מתקלקל, מועברת המנה בניתוב אלטרנטיבי.

השימוש במרכזת

דרכים אחרות מנסות לנצל בצורה יעילה את הקוים בתוך הארגון. במידה וישנו מספר גדול של מסופים באיזור אחד מרוחק מהמחשב, ניתן להשתמש **במרכזת** (Concentrator) שאליה מחוברים המסופים. המרכזת קולטת מהמסופים את התשדורות, אוספת אותן בשלימות במאגרי הזכרון שלה ומעבירה את כל התשדורות בקו אחד מהיר אל המחשב. צורת עבודה זו נקראת לעיתים **תמסורת בתיווך** (Store and Forward).

היתרון של שיטה זו בכך שאין צורך במספר רב של קוים ארוכים לחיבור מסופים אל המחשב, דבר שמוזיל את מחיר הקוים ואת מספר הכניסות למחשב. ניצול הקו המהיר טוב יותר מניצול כל אחד מהקוים האיטיים, כיון שמהירות הקו יכולה להבחר לפי כמות התעבורה שעוברת בו בפועל. יתרון נוסף אפשר למצוא בכך שאפשר לחבר למרכזת מסופים סינכרוניים ואסינכרוניים במהירויות שידור שונות, בעוד שהקשר של המרכזת אל המחשב הוא סינכרוני, במהירות שידור גבוהה.

כאשר נדרש גיבוי, במקום לגבות קוים ארוכים מהמחשב אל המסופים מספיק גיבוי בקו המהיר אל המחשב. כמו כן ניתן ליצור ניתובים אלטרנטיביים לקו זה דרך מספר מרכזות, כמתואר בציור 4.1. בציור זה הקו המהיר הא דו־מגמי (Full



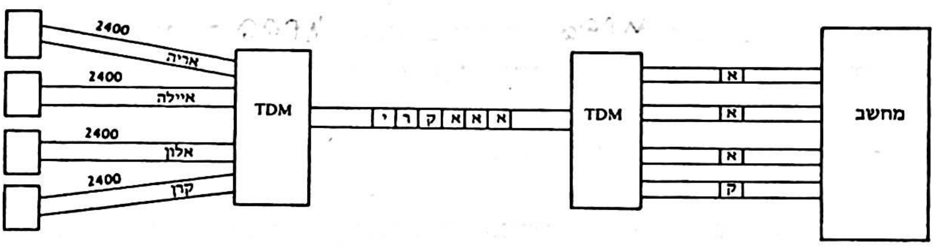
ציור 4.1: מרכזות

Duplex) בעוד שהקוים למסופים הם דו־מגמיים למחצה (Half Duplex). הקו בין מרכזת א׳ למרכזת ב׳ הינו במהירות 9,600 ס״ש כיון שהוא מיועד לצורכי ניתוב אלטרנטיבי בלבד. כלומר, כאשר הקו הראשי ממרכזת א׳ למחשב יתקלקל, תתקשר מרכזת א׳ למרכזת ב׳ ודרכה למחשב. המרכזת מעבירה למחשב את התשדורות הנקלטות מהמסוף בשלימות, תוך שמירה על מבניהן.

מחיר שידור תו בקו מהיר זול יותר ממחיר העברת תו בקו איטי. כלומר, חכירת קו למהירות 300 ס״ש יכולה לעלות מחצית ממחיר קו במהירות 4800 ס״ש בעוד שהמהירות קטנה פי 16. מסיבה זו הקוים הארוכים פועלים במהירות שידור גבוהה.

ריבוב חלוקת זמן

שיטה אחרת לניצול קן היא חלוקת התעבורה בו בין מספר מסופים בשיטה הקרויה ריבוב חלוקת זמן – TDM (Time Division Multiplexing). בשיטה זו מפצלים קו מהיר בין מספר מסופים שסכום מהירויות השידור שלהן שווה למהירות הקו. למשל, קו של 9,600 ס״ש משרת 4 מסופים שכל אחד מהם עובד ב־2,400 ס״ש. בכניסה למחשב מפצלים את הקו שוב לארבע כניסות כמתואר בציור **4.2**. **שיטה זו קרויה לעיתים** Channelization.



ציור 4.2: ריבוב חלוקת זמן

מרבב TDM סורק את המסופים במהירות קבועה ומשדר את התוים לקו בסדר הסריקה. בצד השני מפצל בן־זוגו של המרבב את התשדורת הנקלטת בין הכניסות המתאימות במחשב, כך שלגבי המחשב נראה שלכל מסוף ישנו קו משלו. בשיטה זו, למרות שפיסית ישנו קו אחד, לגבי המחשב והמסופים נראה שקיימים מספר קוים במהירות נמוכה.

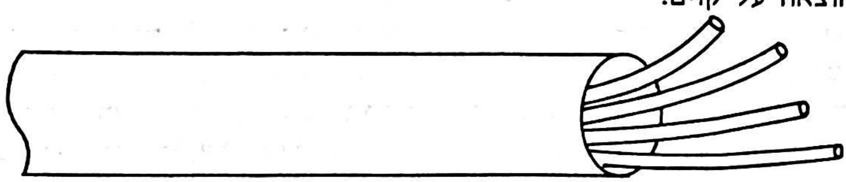
במציאות אין מבצעים את החלוקה על בסיס של תו אלא על בסיס של סיבית. קיימים מרבבים סטטיסטיים אשר יכולים לשדר בקו של 9600 ס״ש יותר מאשר 2400 × 4 סיביות לשניה בגלל העובדה שלא תמיד יש לכל מסוף סיבית לשידור. פרק זמן זה מנוצל על־ידי המרבב לקליטת סיביות מקוים נוספים, או שהוא פועל עם מספר כניסות שסכום מהירויותיהן גבוה ממהירות הקו.

ריבוב חלוקת תדירות

משרד התקשורת מבצע ריבוב בקוים בינעירוניים. בכבל אחד בעל רוחב סרט גדול מועברות במקביל שיחות טלפון רבות, כשלכל אחת מוקצה חלק מרוחב הסרט (ראה פרק ב'). כמו ב־TDM גם כאן נראה למשתמשים כאילו הועמדו לרשותם קוים רבים. ריבוב זה הוא ריבוב בחלוקת תדירות – Frequency) FDM (Division Multiplexing.

ציוד ריבוב זה קרוי **ציוד נושא** והוא מתואר בציור 4.3 כצינור עבה שמכיל מספר רב של צינורות דקים.

ככל שקוי התקשורת בין המסוף למחשב יהיו ארוכים יותר, יהיה כדאי מבחינה כלכלית להשקיע בציוד ריבוב או במרכזות ולחסוך על־ידי כך חלק מההוצאה על קוים.

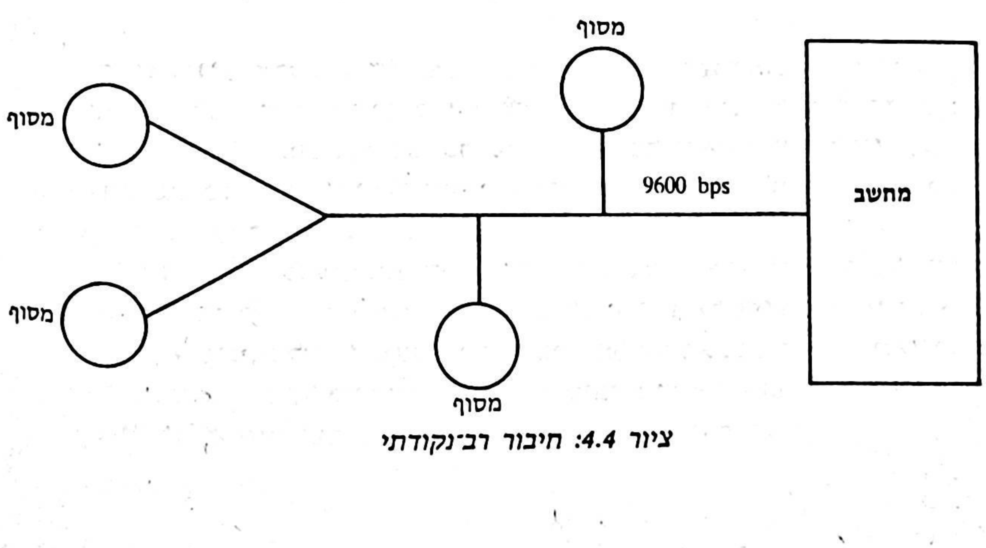


ציור 4.3: ריבוב חלוקת תדירות

חיבור רב־נקודתי

ניתן לנצל את הקו ביתר יעילות גם על־ידי חיבור מספר מסופים על קו אחד. חיבור זה נקרא חיבור רב־מסופי או **רב־נקודתי** (Multipoint) כמודגם בציור 4.4. באפיק תקשורת יכולה ברגע מסוים לעבור תשדורת אחת בלבד ללא תלות במספר המסופים הקשורים אל הקו. ולפיכך נדרשת שליטה מרכזית כדי לקבוע ולפקח מי ישדר ומתי.

במקרה המתואר בציור יעבוד כל מסוף במהירות 9,600 ס"ש אבל כאשר מסוף אחר משדר, המסופים האחרים ממתינים. כדי לשמור על זמן תגובה סביר יש

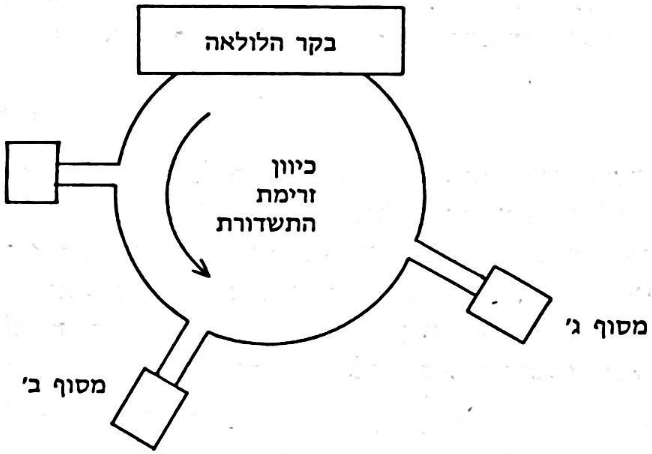


ציור 4.4: חיבור רב־נקודתי

לדאוג לכך שמסוף לא יתפוש את הקו לזמן ארוך מדי. וזאת עושים על־ידי הגבלת אורך התשדורת. כאשר מסתיימת תשדורת בין מסוף כלשהו והמחשב, יכול מסוף אחר לקבל את הקו לשימושו.

לולאה

צורת חיבור נוספת של מספר מסופים על קו אחד, היא הלולאה. בלולאה ישנה העברה חד־כיוונית של תשדורות בין כל המסופים המחוברים בטור לאורך הלולאה, כמודגם בציור 4.5.



ציור 4.5: לולאה

בקר הלולאה יכול לבנות תשדורת המורכבת מגושים אחדים המיועדים למספר מסופים ולשדרה ללולאה. כל מסוף בודק אם חלק מהתשדורת שייך לו. כאשר מצא שגוש כלשהו מיועד לו, הוא קולט אותו, ומעביר את התשדורת הלאה. כאשר ניתנת רשות להחלפת כיוון, כלומר מהמסופים אל המחשב, שולח כל מסוף את גוש התשדורת שלו ללולאה. כאשר התשדורת מגיעה לבקר הלולאה היא עשויה להכיל אוסף גושי תשדורת מכל המסופים.

משטר קו

בכל פעילויות הקלט־פלט בעיבוד נתונים מקובל להוסיף לתמליל גם אותות פיקוח ובקרה. בפניה לכונן סרטים למשל, נשלחים אליו פרט לתוי תמליל גם הוראות כגון גלגול סרט, דילוג גוש נתונים וכד׳. אותה בעיה של פיקוח קיימת גם בתקשורת. אבל בעוד שבעיבוד מקומי נשלחות הוראת הפיקוח בקוי בקרה מיוחדים ונפרדים מהתמליל, הרי בתקשורת, בגלל העובדה שאמצעי ההעברה

הוא קו טלפון, מועברת הבקרה באמצעות תוים מיוחדים המשודרים יחד עם התמליל.

כדי לאפשר את בקרת תמסורת הנתונים דרושה הגדרת נוהלי תקשורת בין מסוף למחשב. הדבר דרוש בחיבור לקו נל״ן וחיוני כאשר מספר מסופים מחוברים לקו רב־נקודתי. נוהלי תקשורת אלו קרויים בשמות שונים: משטר קו (Line Control), נוהל קו (Line Protocol), נוהל חוליה (Link Protocol), משטר תקשורת, ועוד.

משטר קו או **נוהל חוליה** הינם מערכת כללים לתקשורת נתונים דרך קוי תקשורת או חוליות נתונים, המוגדרת על־ידי קוד תמסורת, אופן תמסורת ותהליכי בקרה ושיקום. בהמשך נדון במשטרי חיבור נל״ן וחיבור רב־נקודתי ונציג את הנוהלים BSC ו־SDLC כדי להדגים את הנושאים שבהם מטפל משטר הקו.

משטר חיבור נל״ן

כאשר שני מסופים מחוברים ביניהם בקו תקשורת אחד קרוי הקשר ״נקודה לנקודה״ – נל״ן (Point To Point). קו נל״ן יכול להיות קו פרטי או קו חיוג. בקו נל״ן הבקרה פשוטה והבעיה היא למנוע אפשרות ששני המסופים, או המסוף והמחשב ישדרו בו־זמנית. נוהל כזה מתואר בציור **4.6**. במצב **התנגשות** (Contention) שני הצדדים פונים בו־זמנית בבקשת שידור, בעל העדיפות ביניהם מקבל את הרשת והאחר מוותר. בדוגמה שלפנינו מוצג דו־שיח כאשר מסוף A משדר ומסוף B קולט.

קולט B ------------ A משדר

→ מוכן לקבל
כן ←
→ תשדורת 1
שגוי ←
→ תשדורת 1
תקין ←

ציור 4.6: *התנגשות בקו נל״ן*

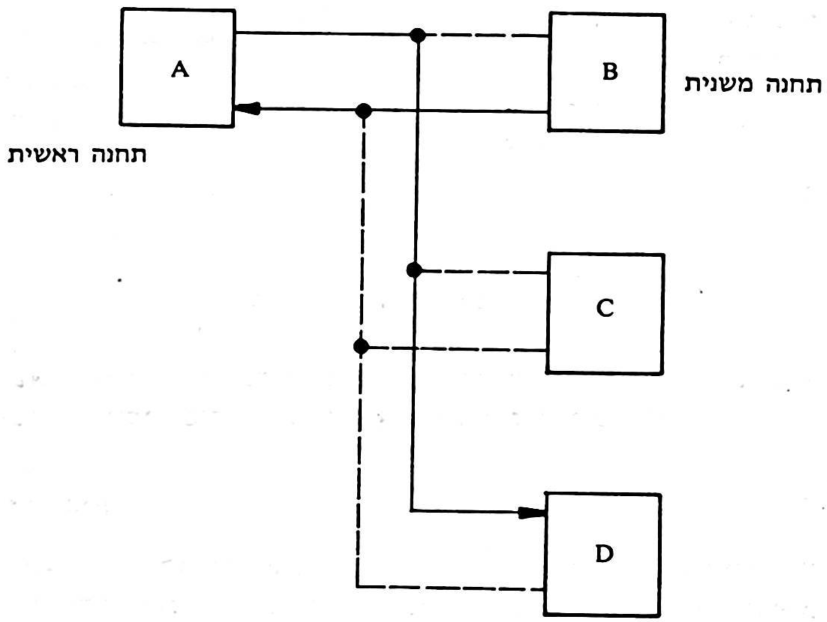
משטר חיבור רב־נקודתי

כאשר המסופים מחוברים לקו **רב־נקודתי** (Multipoint) על המחשב לנהל את ההתקשרות למסופים בצורה מרכזית על־ידי מתן רשות לכל מסוף לשדר בזמנו. פעולה זו קרויה **חקירה**(Polling) או **הזמנה לשידור**. כאשר המחשב רוצה לשדר למסוף, הוא יבקש רשות מהמסוף לעשות זאת על־ידי פעולת **בחירה** (Selection), **מעינה** (Addressing), או **הזמנה לקליטה**.

כדי לנצל קו דו־מגמי ביעילות, יכול המחשב לבצע חקירה למסוף אחד ולאחר מכן לקרוא ממנו, ובחפיפה – לכתוב למסוף אחר. כך יכול המחשב לקיים פעילות דו־מגמית באפיק התקשורת. כדאי לשים לב לכך שמסופים המחוברים אל קו

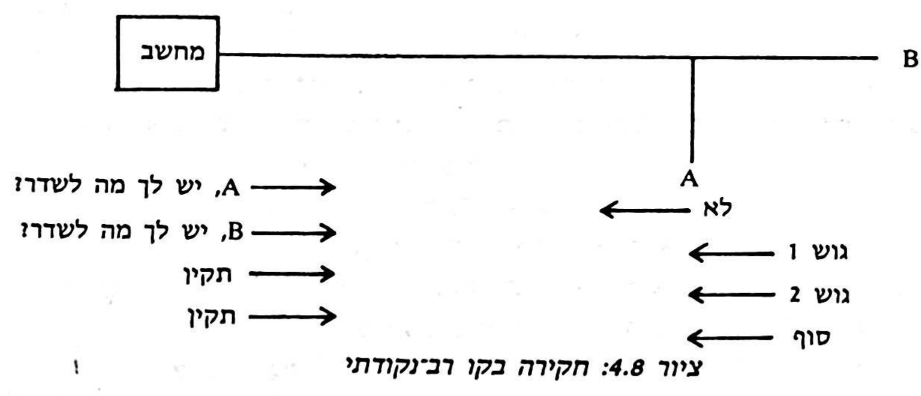
אחד צריכים לעבוד במשטר קו זהה.

בציור 4.7 מוצג קו דו־מגמי שאליו מחוברים 3 מסופים בחיבור רב־נקודתי. בגלל דו־מגמיות הקו ניתן לקרוא ממסוף B ולכתוב למסוף D באותו זמן. הקריאה והכתיבה למסופים השונים נעשות על זוגות תילים שונים ביציאה מתחנה A.

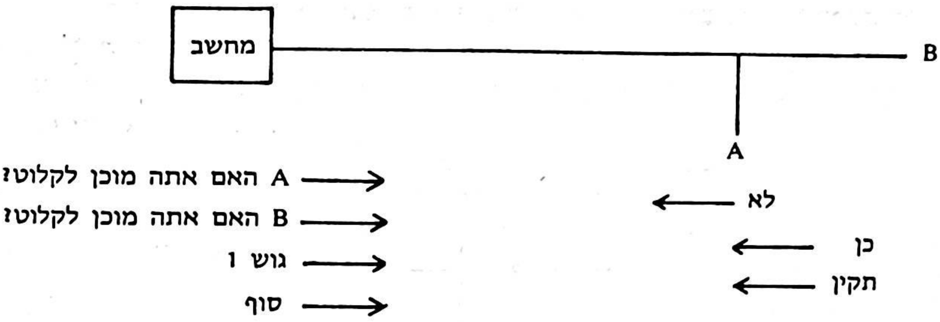


ציור 4.7: קו דו־מגמי

המחשב שמנהל את התקשורת קרוי **תחנה ראשית** והמסופים (או מחשב אחר המשרת כמסוף) קרויים **תחנה משנית**. מהדוגמה שבציורים 4.8, 4.9 ניתן לראות שבחקירה ובמעינה פונים אל התחנות בכתובותיהן. תוי החקירה או המעינה יגיעו מהתחנה הראשית במקביל אל כל התחנות המשניות. כל תחנה משנית תבדוק אם כתובתה מופיעה בתוי החקירה, ורק הנמענת תמשיך בשיחה. ישנם



ציור 4.8: חקירה בקו רב־נקודתי



ציור 4.9: מעינה בקו רב־נקודתי

מסופים שאף כאשר הם מחוברים למחשב על קו נל"ן הם עובדים במשטר קו של חקירה ומעינה. מסוף כזה לדוגמה הוא ממשפחת יבמ 3270.

משטר קו BSC

ציור 4.10 מתאר תהליך מעינה למסוף 3270, העובד ב־BSC. ניתן לראות שבמשטר קו זה קיימים היפוכים רבים של כיוון השידור כדי לקיים את הדו–שיח בין המחשב למסוף: ליצור את הקשר,לבצע תשדורת, לאשר קבלה ולסיים. הסבר לציור:

EOT – תו זה נשלח אל המסוף וגורם לו לעבור למצב בקרה ונכונות לקליטת כתובתו.

Cu ADDR – כתובת יחידת הבקרה. קיימות כתובות שונות לחקירה ולמעינה.

DEV ADDR – כתובת המצג.

ENQ – תו בקרה המציין פעולת חקירה או מעינה.

SYN – תו סינכרון.

ACK 0 – אישור לקליטה תקינה של גוש אי־זוגי.

ACK 1 – אישור לקליטה תקינה של גוש זוגי.

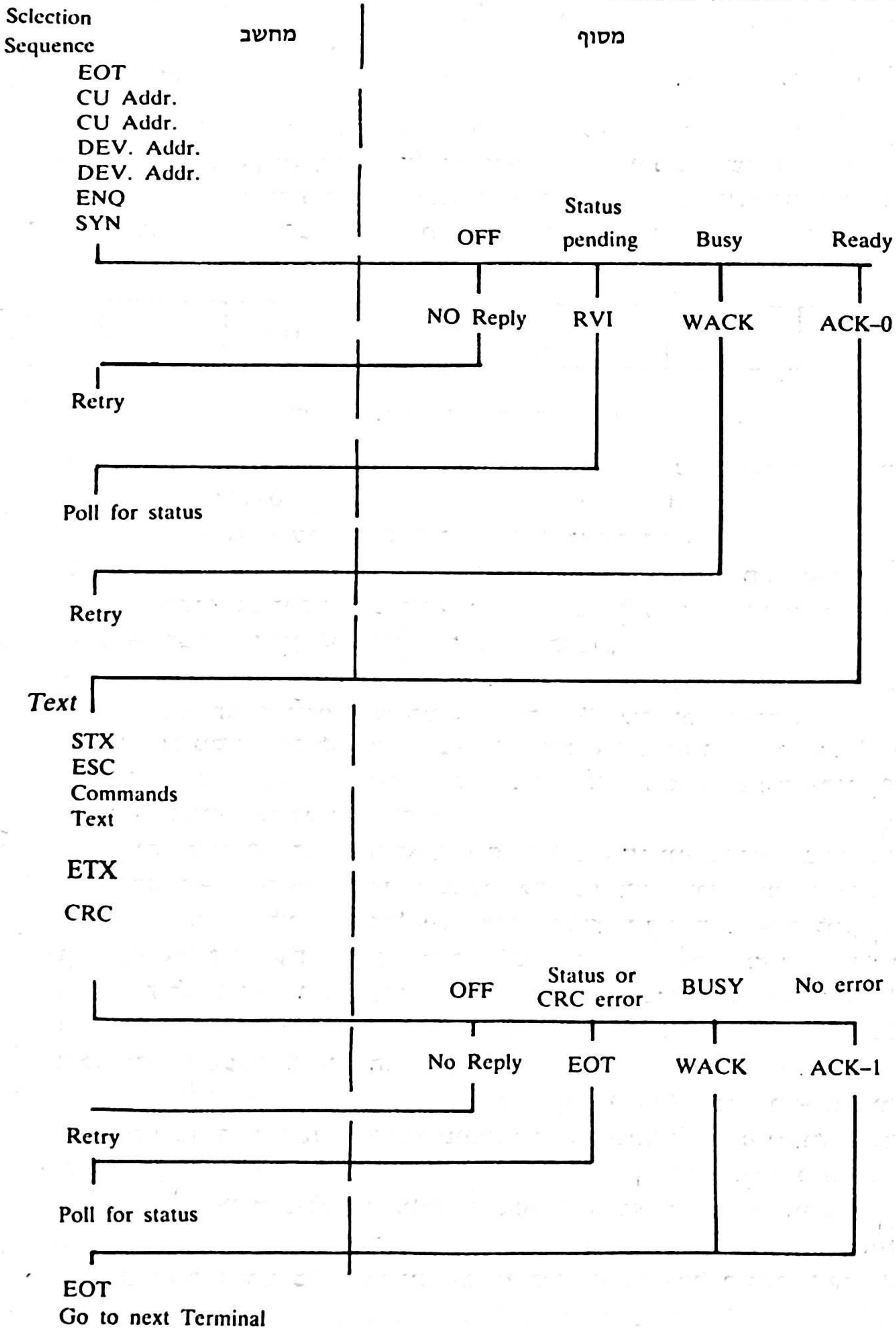
WACK, RVI – תוי בקרה אשר מופיעים במקום אישור ומורים על בעיה מסוימת במסוף.

STX – סימון לתחילת תשדורת.

ESC – תו מיוחד ל־3270 המופיע תמיד לאחר STX.

EOT – תו הנשלח מן המסוף כהודעת אי־אישור אם הוא מופיע במקום אישור (ACK). מסופי 3270 משתמשים בתו זה כהודעה על שגיאת קו. תו זה משמש גם לסיום ההתקשרות.

CRC – קוד לבדיקת שגיאות שידור.



ציור 4.10: תרשים זרימה של מעינה למסוף BSC 3270

משטר קו SDLC

במשטר קו SDLC כל תשדורת הינה בעלת כותרת וסיומת במבנה קבוע ובאורך 3 תוים, אך אורך התמליל יכול להשתנות. אותו מבנה ישמש הן לחקירה ומעינה והן לתשדורת תמליל, ובכך שונה הדבר מ־BSC. תשדורת מתחילה בכותרת שמורכבת משלושה שדות, לאחריה התמליל ולאחריו שני שדות סיום:

F	A	C	תמליל	FCS	F

ציור 4.11: מבנה תשדורת SDLC

F – Flag – "תו דגל" המסמן תחילת תשדורת או סוף תשדורת ומבנהו '01111110'.

A – Address – כתובת התחנה המשנית באורך תו אחד.

C – Command – תו בקרה שיכול להכיל פקודות כמו הפעלת מסוף וניתוק מסוף. במקרה של שידור תמליל הוא מכיל 2 מונים וסיבית חקירה.

Text – תמליל. תוכן התשדורת המועברת באפיק.

FCS – (Frame Check Sequence) – בסיומת התשדורת, לפני הדגל F ישנם שני תוי ביקורת. אלו הם תוי קוד CRC שהוסבר בפרק ג.

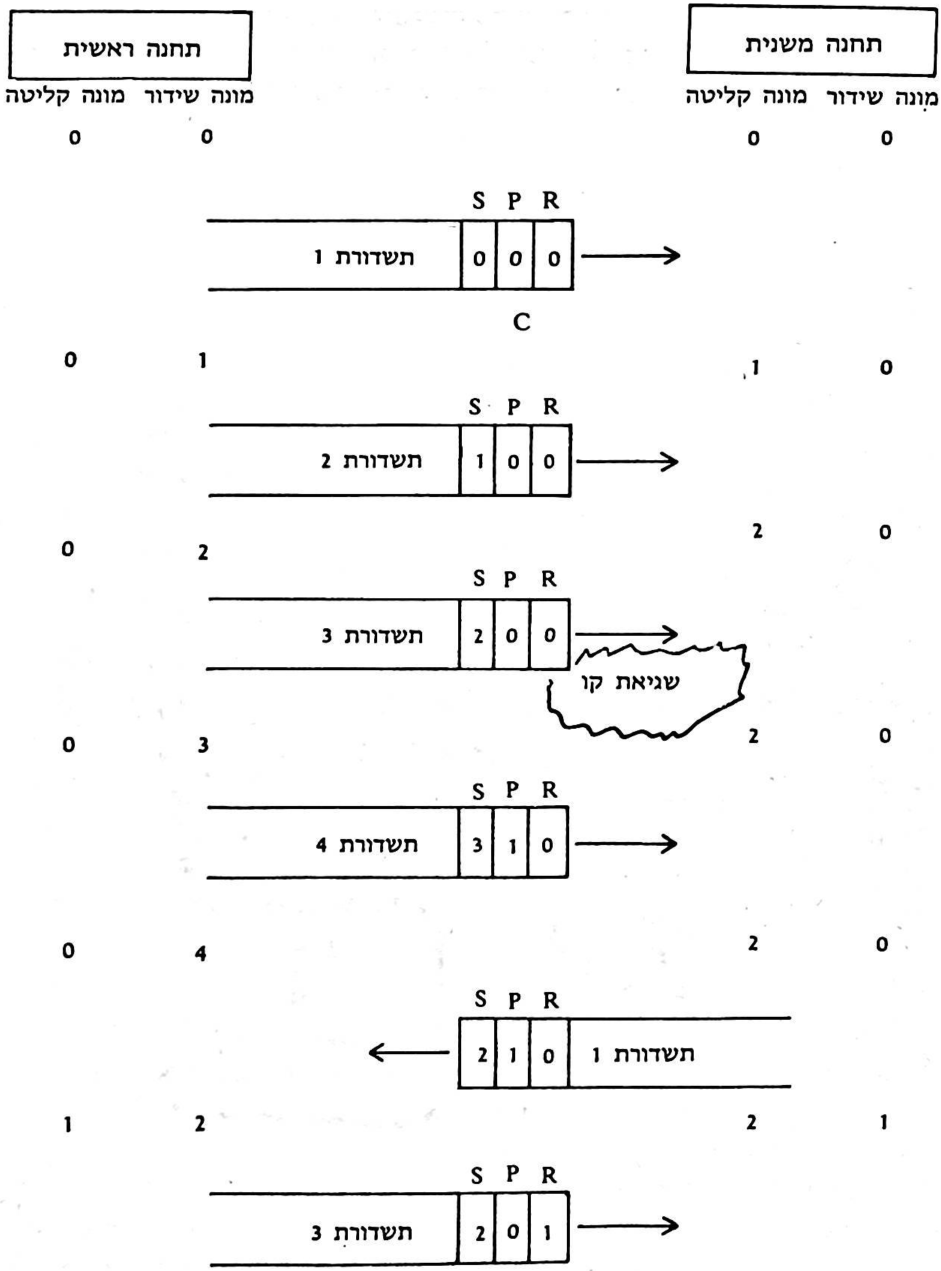
F – תו דגל מסיים את התשדורת. כאשר קורית שגיאת קו מופיע בתמליל תו שנראה כ"דגל". מכיון שיש בתו זה סיביות '1' רצופות מתווספת הסיבית '0' לאחר 5 סיביות '1' כמוסבר בפרק ג.

המונים של תו הבקרה C הם באורך 3 סיביות כל אחד ומאפשרים ספירה מ־0 ועד 7. האחד – S – הוא מונה שידור שמכיל את מספר התשדורת הנוכחית, והשני – R – הוא מונה קליטה שמכיל את מספר התשדורת הבאה שצפויה להקלט. ב־SDLC אין מתבצעת פעולת אישור קליטה תקינה. קידום מונה התשדורות הנקלטות לאחר קליטת כל תשדורת תקינה מהווה אישור. לכן, כאשר נקלטת תשדורת שגויה אין מקדמים את המונה ועל התחנה המשדרת לחזור על כל התשדורות ממספר זה והלאה.

כאשר תחנה ראשית מפעילה את סיבית החקירה (P=1) – סימן הוא לתחנה המשנית שמותר לה לשדר. כל עוד סיבית החקירה שווה ל־'0' משמעות הדבר שהתחנה הראשית משדרת לתחנה המשנית. מכאן שב־SDLC מתבצעת השליטה בקו בצורה יעילה יותר מאשר ב־BSC. ניתן לבצע שידור, אישור קליטה וחקירה בתשדורת אחת ואין צורך בהחלפות הכיוון שמתוארות בציור 4.10. אין צורך באישור לאחר כל תשדורת, אך חייבים לאשר לכל היותר לאחר 7 תשדורות.

ציור 4.12 מתאר תהליך שידור ב־SDLC. מצב המונים בציור הוא לפני ביצוע השידור או הקליטה. בתשדורת 3 נפלה שגיאה ולכן התחנה הקולטת אינה

מעדכנת את מוניה. כל זמן שסיבית החקירה היא '0' התחנה המשנית היא במצב קליטה, ואין צורך במעינה. בתשדורת 4 התחנה הראשית מפעילה את סיבית החקירה ולכן התחנה המשנית יכולה להתחיל לשדר. לתחנה המשנית יש רק



ציור 4.12: העברת תשדורת תמליל ב־SDLC

תשדורת אחת ולכן היא מפעילה (P=1) את סיבית החקירה. התחנה הראשית מבחינה שמונה הקליטה של התחנה המשנית הוא '2' בלבד לכן היא מחזירה את המונה שלה ל־'2' ומשדרת מחדש את תשדורות 3 ו־4. בטכניקה זו מתבצעים את החקירה, המעינה והשידורים החוזרים.

השגיאה שהוצגה בציור 4.12 התגלתה על־ידי התחנה המשנית כאשר השוותה את ה־FCS של הגוש ששודר אל ה־CRC אשר חושב לפי הסיביות של הגוש שנקלט. אי התאמה זו גרמה את התגובה כפי שהוסברה קודם.

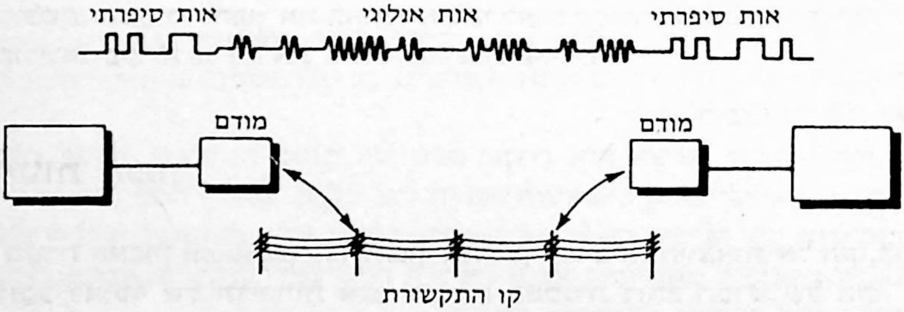


מחשב אישי, וגם בתקשורת ...

פרק ה':
המודם

תפקיד המודם ומקומו במערכת

המונח **מודם** הוא קיצור של המילים "מודולטור דה־מודולטור" ובעברית: מאפנן ומגלה MODEM (MOdulaton DE-Modulation). מטרתו של המודם לאפשר תמסורת נתונים ספרתיים דרך אמצעים אנלוגיים (קו הטלפון) באופן שהעיוותים בקו ומגבלות רוחב הסרט יגרמו להם נזק מועט ככל האפשר. מיקומו של המודם בין תחנת הנתונים (מחשב, מסוף) לבין קו התקשורת, כפי שמוצג בציור 5.1.

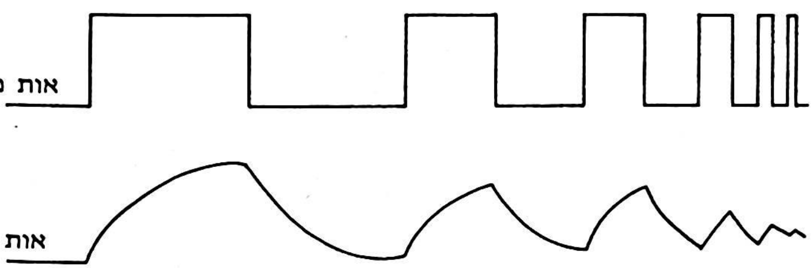


ציור 5.1: מקומו של המודם במערכת

בפרק ב' ראינו מהו רוחב הסרט המינימלי שנדרש להעברת אות ספרתי כאשר הוא משודר לקו כמות שהוא. ככל שרוחב הסרט יגדל נקבל שיחזור טוב יותר של האות הספרתי. אבל ברוחב הסרט המקובל של 3,000 הרץ מהירות השידור ואיכותו מוגבלים.

שיטת השידור של אות ספרתי באופן ישיר לקו מקובלת בטלפרינטרים, שמהירות ההעברה שלהם מוגבלת (50 עד 100 ס"ש) והם משדרים לקו אותות במתח וזרם גבוהים. שידור אות ספרתי לקו נעשה לעיתים גם במסופים המצויים במרחק קצר מהמחשב (עשרות מטרים) ובמהירות בינונית (עד 2,400 ס"ש).

בדרך כלל אין מחברים את המסוף ישירות לקו אלא משתמשים במודם אשר הופך את האות הספרתי לאות אנלוגי אשר רגיש פחות לעיוותי קו התקשורת. בפרק ב' דנו בהשפעת התכונות החשמליות של קו הטלפון על יכולתו להעביר גל מרובע. ראינו שקו הטלפון אינו מסוגל, בגלל מגבלות רוחב סרט, להעביר את "הפינות החדות" של הגל המרובע והוא מעוות אותם כפי שמוצג בציור 5.2.



ציור 5.2: העיוות שנגרם לגל מרובע בעת שידורו בקו טלפון

המודם מקבל ממקור הנתונים (מחשב או מסוף) אות ספרתי, כאשר כל תו מורכב מסיביות הבאות בטור בזו אחר זו. תפקידו העיקרי של המודם הוא להפוך אות זה לאות אנלוגי המשודר בקו הטלפון. פעולה זו נקראת **אפנון** (Modulation). האות האנלוגי המשודר מגיע אל מודם אחר המחובר אל התחנה הקולטת. תפקידו להפוך את האות האנלוגי לאות ספרתי ולהעביר אותו לתחנה הקולטת. פעולה זו נקראת גילוי (De-Modulation).

שיטות אפנון

מטרת האפנון (Modulation) להפוך את רצף הסיביות היוצאות אל הקו כגל מרובע לאוסף של תדירויות אשר מצויות במסגרת רוחב הסרט של הקו.

שיטות אפנון אנלוגי

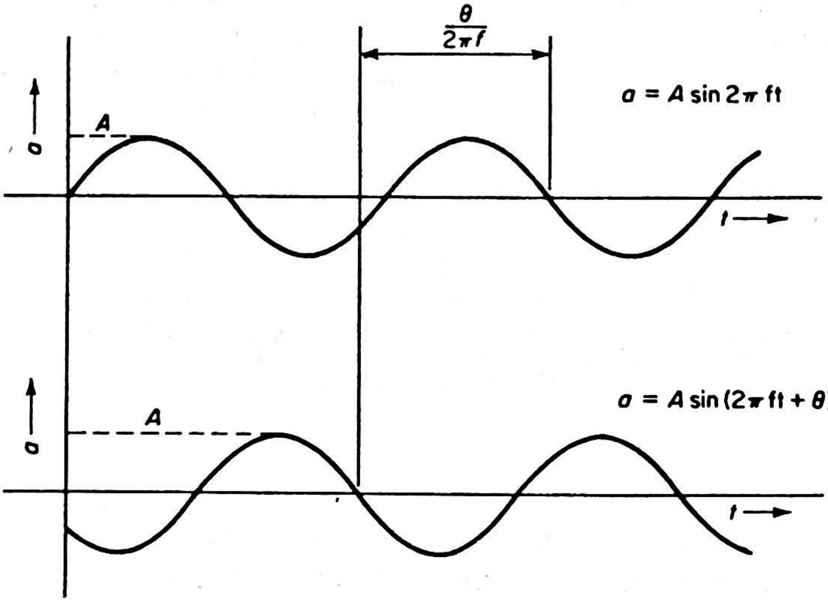
האפנון מתבצע על ידי כך שהמודם משדר גל סינוסי, שקרוי גל נושא (Carrier), בתדר הנמצא באמצע רוחב הסרט של הערוץ, למשל 1,700 הרץ. לגל נושא סינוסי ישנם שלושה מאפיינים: **משרעת** (עוצמת הגל), **תדירות** (ההיפוך של זמן מחזור אחד) **ומופע**. ואכן, קיימות שלוש שיטות אפנון שבכל אחת מהן משנים מאפיין אחד של הגל הנושא כתלות בנתון הספרתי המשודר.

הגל הנושא ניתן להצגה כפונקציה של הזמן t ע"י הנוסחה:

$$a = A \sin(2\pi ft + \Theta)$$

a – המשרעת הרגעית (רמת המתח) של הגל הנושא ברגע מסוים t,

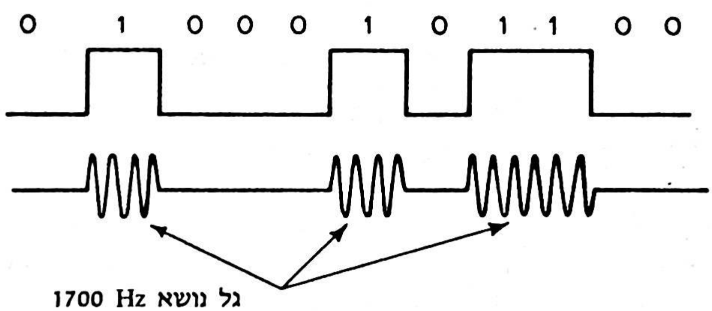
A – המשרעת המירבית,
f – תדירות הגל הנושא,
Θ – המופע.



ציור 5.3: שני גלים סינוסיים בעלי הפרש מופע

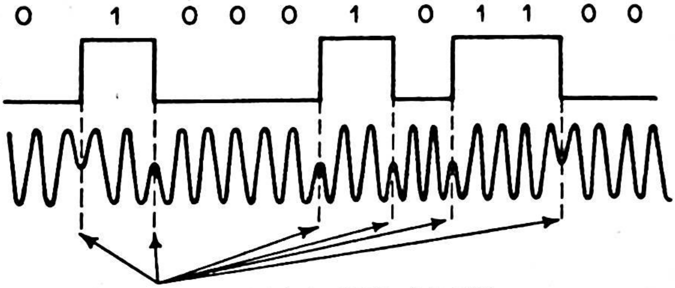
השיטה הפשוטה ביותר לאפנון קרויה **אפנון משרעת** AM (Amplitude Modulation) ובה משדרים גל נושא שהמשרעת שלו משתנה בהתאם להופעת או אי־הופעת סיבית.

מכיון שהגל הנושא הוא ברוחב סרט של תחום השמיעה, אפשר לשמוע צפצופים כאשר נאזין באמצעות אוזניה לקו טלפון. צפצוף רצוף וחדגוני נשמע בתדירות הגל הנושא, כאשר אין משדרים נתונים על הקו. כאשר ישודרו נתונים נשמע צפצופים מקוטעים. אפנון משרעת רגיש למדי לרעשים, ומשתמשים בו בדרך כלל בשידור למרחקים קצרים.



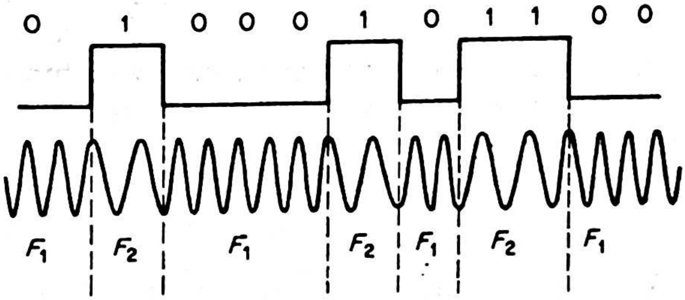
ציור 5.4: אפנון משרעת

שיטת אפנון מקובלת יותר היא **אפנון התדירות** הקרויה FSK ‏(Frequency Shift Keying). האפנון נעשה על־ידי הזזת התדר של הגל הנושא בהתאם לסיבית המשודרת. מקובל להשתמש בשיטת אפנון זו במודמים עד מהירות של 1200 ס״ש. לדוגמה: בשידור של 1,200 ס״ש נהוג להשתמש בגל נושא של 1,700 הרץ והזזת התדר ל־2,100 הרץ עבור '0' והזזת התדר ל־1,300 הרץ עבור '1' כמתואר בציור 5.5. במקרה זה אם נאזין עם אוזניה לקו נשמע צלילים בעלי תדירות משתנה כאשר משודרים נתונים על הקו, וצליל קבוע בתדירות שונה כאשר משודר גל נושא בלבד.



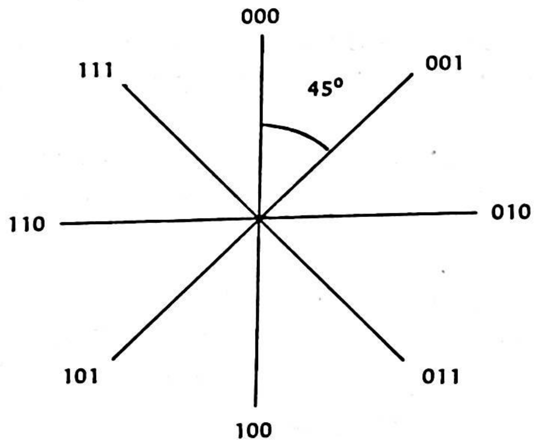
ציור 5.5: אפנון תדירות

בשיטת **אפנון מופע** שקרויה DPSK ‏(Differential Phase Shift Keying) משתמשים במודמים במהירויות שמעל 1200 ס״ש. בשיטה זו המופע של הגל הנושא משתנה כפונקציה של הסיבית המשודרת. כדי לפשט את ההסבר מתואר בציור 5.6 מצב בו משנים את המופע של הגל הנושא ב־180 מעלות בכל מעבר מ־'0' ל־'1', ולהיפך.



ציור 5.6: אפנון מופע (הפיכת המופע ב־180 מעלות)

מקובל כיום להגיע במודמים לשידור במהירות עד 9,600 ס״ש על־ידי כך שמכניסים יחד עם האפנון גם קידוד. ציור 5.7 מדגים אפנון מופע עם קידוד של 8 רמות, דהיינו צרוף של 3 סיביות מועבר על ידי **הזזת** מופע של הגל הנושא בזווית המתוארת בציור. בפרק ב' ראינו שעל־ידי קידוד ניתן לגרום לכך שמספר הסיביות לשניה המשודר בקו למעשה גבוה ממספר השינויים (באוד) שנגרמים לאות המועבר בקו. רוחב הסרט מגביל רק את מספר השינויים המותרים בפרק זמן של שניה.



ציור 5.7: אפנון מופע עם קידוד

שיטות אפנון ספרתי

שיטות אפנון ספרתי פותחו בשלב ראשון להעברת מספר רב של שיחות טלפון בכבלים בעלי רוחב סרט גדול. הרעיון הוא שבמקום להעביר בקו את האות האנלוגי של הדיבור יש לדגום אותו ולהעביר בקו את הדגימות. אם התדירות הגבוהה ביותר של האות האנלוגי היא W הרץ אזי נדרשות 2W דגימות לשניה כדי שניתן יהיה לשחזר את האות בשלימות. כלומר, אם מסתפקים ב־4000 הרץ לצורך העברת קול, יש צורך ב־8,000 דגימות לשניה כדי להעבירו בצורה מושלמת. בשיטות אפנון ספרתי משמשת כגל נושא סידרה של דפקים הקרויה **רכבת דפקים** (Pulse Train).

שיטות האפנון הספרתי פותחו כדי להעביר דיבור או תמונות טלוויזיה שהינם אותות אנלוגיים, דהיינו אותות בעלי תבנית רציפה. שיטת אפנון זו הפוכה לשיטת האפנון שתוארה בתחילת הפרק, בה הגל הנושא הוא סינוסי בעל משרעת ותדירות קבועים ואות המקור הוא אוסף של סיביות שנראות כגלים מרובעים.

היתרון של שיטת הדגימה הוא שהאות רגיש פחות לרעש. אם מתקינים **משחזרים** (Repeaters) רבים בקו השידור אפשר בכל אחד מהם לשחזר מחדש את האות מתוך הרעש, כדי למנוע את האפשרות להשפעה מצטברת של הרעש.

קיימות ארבעה שיטות אפנון ספרתי:

– PAM (Pulse Amplitude Modulation): משנים את משרעת הדפקים כפונקציה של אות המקור.

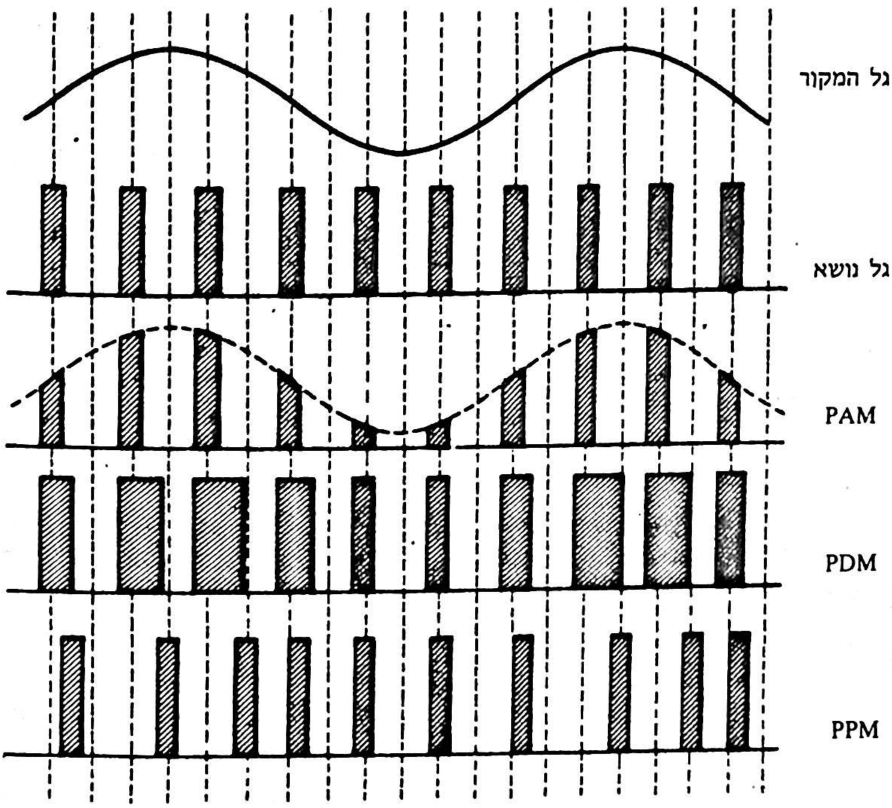
– PDM (Pulse Duration Modulation): משנים את רוחב הדפקים כפונקציה של אות המקור.

– PPM (Pulse Position Modulation): משנים את מיקום הדפקים כפונקציה של

אות המקור.

– PCM (Pulse Code Modulation): משנים את משרעת הדפקים כפונקציה של אות המקור ומעבירים את הערך הספרתי של המשרעת. ראה הסבר נוסף בהמשך.

בציור 5.8 הוצג האות האנלוגי לשם פשטות כגל סינוסי (בפרק ב׳ בציור 2.1 ניתן לראות כיצד נראה האות האנלוגי במקרה של דיבור). הגל הנושא הוא רכבת של גלים ריבועיים בעלי תדירות ומשרעת קבועים.



ציור 5.8: שיטות אפנון ספרתי

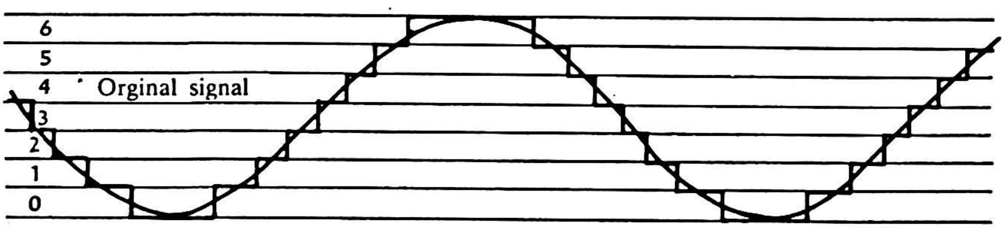
אחת הבעיות הקשות בשידור היא בעיית הרעש המשבש את האות הנשלח מהמקור אל היעד. בשיטות PDM ו־PPM מתגברים על בעיית הרעש על ידי קביעה של גובה הגל הנושא ברמה המספיקה להתגבר על ההפרעות שלו. כזכור, בשיטות התמסורת האנלוגיות משתמשים להגברת האות במגברים שמגבירים גם את הרעש. באפנון הספרתי משתמשים במשחזר במקום במגבר. המשחזר מייקר מאד את המערכות מכיון שהוא נדרש בכל 2 עד 3 ק״מ. מסיבה זו נדירות המערכות המשתמשות בשיטות האפנון הספרתי. הציוד המאפנן בשיטה הספרתית אינו קרוי מודם אלא **״מרבב** PCM״.

שיטות האפנון הספרתי אינן מקובלות בארץ, אבל יתכן שעם הרחבת השימוש בתקשורת נתונים ובהעברת נתונים באמצעות לווינים הן תהיינה שכיחות יותר.

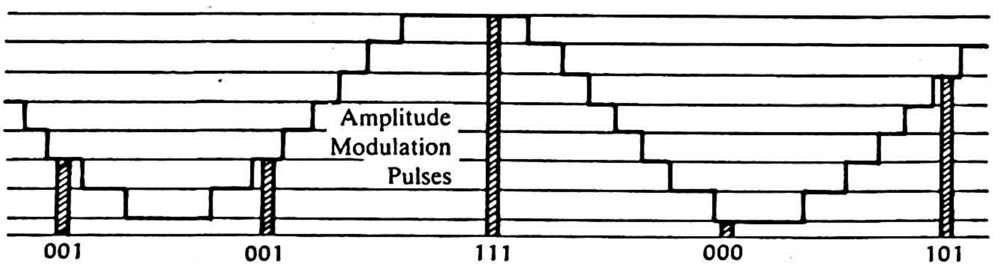
(Pulse Code Modulation) – PCM

מבין שיטות האפנון הספרתי שיטת PCM הינה המקובלת ביותר. בשיטה זו דוגמים את האות האנלוגי כמו ב־PAM אבל במקום להעביר את הדופק במשרעת משתנה לפי צורת האות, מעבירים את הערך הספרתי של המשרעת. מקובל לחלק את המשרעת ל־128 רמות, ולייצג את ערך הרמה על ידי 7 סיביות. כך מועברים בקו המצבים '0' או '1' שניתנים לשיחזור בצורה טובה ולא רגישה לרעש, במקום גבהים שונים של האות. אם נחלק את המשרעת למספר קטן יותר של רמות יתקבל רעש "קוונטיזציה". דהיינו, לא נשחזר את השינויים באות המקורי בצורה מדוייקת.

ציור 5.9 מתאר את תהליך האפנון. בדוגמה זו חולקה המשרעת ל־8 רמות,

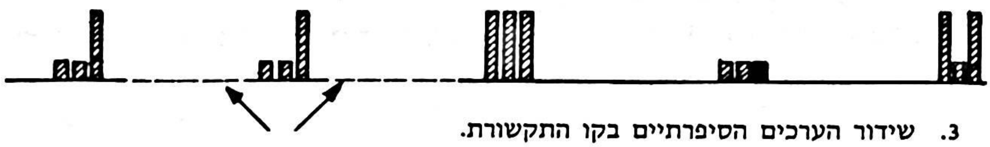


1. אות המקור האנלוגי (דיבור), מקבל ערכים בדידים בתהליך "קונטיזציה".



ערכים ספרתיים
של גובה
המשרעת

2. הערכים הבדידים מקבלים ערכים סיפרתיים.



במרווחים ניתן לשדר
נתונים סיפרתיים אחרים

3. שידור הערכים הסיפרתיים בקו התקשורת.

ציור 5.9: *PCM*

במקום 128, כדי שאפשר יהיה להציגה על ידי 3 סיביות. השיטה מעט מורכבת בכך שאות מקור אנלוגי נדגם על ידי גל נושא מרובע כמו ב־PAM. אבל בעוד שב־PAM משודרים לקו גבהים שונים של הגל המרובע כפי שמוצג בחלק 2 של הציור, הרי ב־PCM משדרים קבוצה חדשה של גלים מרובעים בעלי שני גבהים בלבד (המתאימים ל־'0' או '1'). כל קבוצה של 3 מלבנים בציור מייצגת את הערך הספרתי של גובה אות המקור. המרחק בין השלשות של הגלים המרובעים נקבע לפי תדירות הגל הנושא, דהיינו לפי מספר הדגימות המתבצעות לשניה על אות המקור.

רוחב הסרט שנדרש לשיטה זו הוא גבוה ולכן לא ניתן להשתמש בה בקוי טלפון. כדי להעביר דיבור ברוחב סרט של 4.000 הרץ יש צורך ב־8,000 דפקים לשניה לדגימה. אם כל דופק מתואר על ידי 7 סיביות יש צורך להעביר 56,000 סיביות בשניה לצורך שיחזור הדיבור.

כדי לשדר מידע ספרתי אין צורך באפנון, והשידור משתלב בצורה טבעית בשיטת הדגימה. על ידי השימוש בשיטה החדשה אפשר להשיג יעילות טובה יותר בניצול קוי התקשורת. הדפקים המתארים דיבור משודרים לפרקי זמן קצרים, ולכן אפשר לנצל את אותו האפיק לשידור שיחות טלפון ונתונים ספרתיים במהירות גבוהה.

תכונות המודם ומבנהו

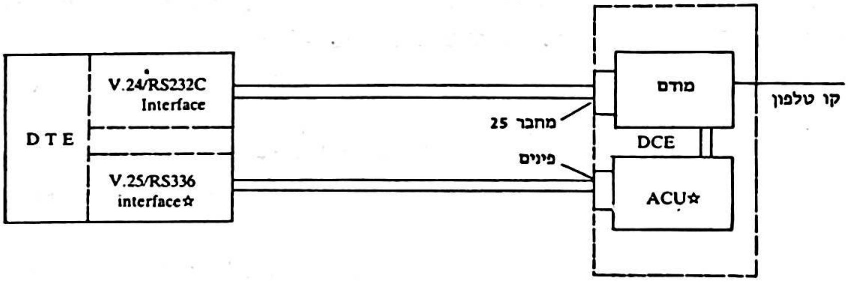
לאחר שסקרנו שיטות אפנון נחזור ונדון ביתר פרוט במבנהו ובתכונותיו של המודם. נתרכז באיפיונים של מודמים אנלוגיים המקובלים בתקשורת ספרתית במהירות עד 9,600 ס"ש.

למודם שלושה חלקים עיקריים: משדר, מקלט ומעגלי בקרה. המשדר מקבל ממקור הנתונים סיביות בטור ומאפנן בהן גל נושא המשודר לקו. המקלט קולט את הגל המאופנן ומפריד ממנו את האות, בונה את הסיביות מחדש ומעבירן לקולט הנתונים. מעגלי הבקרה מבצעים פעולות כגון שיחה עם המסוף, סינכרון, בדיקות עצמיות ועוד.

המישק למסוף

המישק (Interface) בין המודם לתחנת הנתונים הוא מחבר בעל 25 פינים אשר לכל אחד מהם תפקיד המוגדר בתקנים האירופאים של CCITT הידועים בשמות V.24 ו־V.35 ובארה"ב – בתקן דומה שקרוי EIA RS232C.

המודם מתחבר אל הקו באמצעות מחבר מיוחד המתאים לשקע של משרד התקשורת. כאשר מעונינים שהמסוף או יחידת הבקרה יתחברו לרשת החיוג ושהחיוג יעשה באופן אוטומטי יש להשתמש ביחידה שקרויה ACU (Automatic Calling Unit) שגם היא מתחברת במחבר של 25 פינים אל המסוף



ציור 5.10: חיבור לרשת חיוג לפי תקני "V" ו"EIA-RS"

לפי תקן CCITT V.25 או EIA RS336 כמתואר בציור 5.10. יחידה זו אינה נדרשת כאשר ההתחברות לרשת החיוג נעשית בחיוג ידני, כלומר תוך שימוש בחוגת טלפון רגילה.

בתקנים מקובל לקרוא למודם DCE (Data Circuit Terminating Equipment) ולמחשב, למסוף או ליחידת הבקרה – DTE (Data Terminal Equipment).

מסוף DTE | מודם DCE

	מס' הפין
SIGNAL GROUND	
TRANSMITTED DATA	2
RECEIVED DATA	3
REQUEST TO SEND	4
CLEAR TO SEND	5
DATA SET READY	6
DATA TERMINAL READY	7
DATA CARRIER DETECTOR	8
PROTECTIVE GROUND	1
TRANSMITTER SIGNAL ELEMENT TIMING	15
RECEIVER SIGNAL ELEMENT TIMING	17

ציור 5.11: תפקידי הפינים לפי CCITT V.24

במישק עוברים שלושה סוגי אותות: אותות נתונים, אותות זימון ואותות בקרה. המושג "הרמת אות" אשר יופיע בהמשך פירושו שהמתח בפין המייצג אות זה עובר ממצב '0' למצב '1'.

א. אותות נתונים

Transmitted Data– פין בו משודר האות.

Received Data– פין בו נקלט האות.

ב. אותות זימון

Transmitted Signal Element Timing–

דופקי שעון עוברים מן היחידה המשדרת אל היחידה הקולטת. אות זה משודר בשני פינים, האחד מיועד לדופקי המודם והשני לדופקי תחנת הנתונים (מסוף או מחשב).

Receiving Signal Element Timing–

כנ"ל לגבי קליטה. שני פינים, האחד של תחנת הנתונים ואחד של המודם מיועדים לקליטת הדפקים המשודרים.

ג. אותות בקרה

Request To Send (RTS)–

המסוף מודיע למודם שברצונו לשדר. כאשר המודם חש בהרמת אות זה הוא משדר לקו את הגל הנושא. בשידור דו־מגמי מופעל אות זה באופן קבוע ולכן משודר גל נושא קבוע בקו השידור. בשידור דו־מגמי־למחצה מועלה אות זה כאשר המסוף עובר ממצב קליטה למצב שידור.

Clear To Send (CTS)–

המודם מודיע למסוף בתגובה ל־RTS כי הוא מוכן לשידור.

Data Set Ready (DSR)–

המודם מפעיל אות זה עם הדלקתו וכך יודע המסוף כי הוא קשור למודם פועל.

Data Terminal Ready (DTR)–

המסוף מודיע למודם כי הוא פועל. אות זה שימושי בקוי חיוג, והוא מסמל כי נוצר קשר. הורדת האות מסמנת ניתוק השיחה.

Data Carrier Detector (DCD)–

המודם מודיע למסוף כי הוא קולט גל נושא. אי קליטת גל נושא בקו דו־מגמי מצביעה על כך שהקו מנותק.

סינכרון התמסורת

בפרק ג' דנו בבעית סינכרון השיזור של המסופים משני צידי הקו. השיטות שהוזכרו שם נועדו למסופים אבל הן מתאימות גם למודמים בשני קצוות הקו להסתנכרן זה לזה. נוסף לתוי הסינכרון שמטופלים ברמת משטר הקו, קיימים מודמים שדואגים לסינכרון ביניהם על ידי העברת אותות סינכרון משלהם בתחילת ההתקשרות. פעולת הסינכרון מאפשרת למודם לדגום את הקו בתאום עם זרימת הנתונים (סיביות).

מבחינת הסינכרון קיימים שני סוגי מודמים: מודמים אסינכרוניים ומודמים סינכרוניים.

מודם אסינכרוני עוקב אחר הסיביות הנקלטות ומסנכרן את עצמו אליהן. מודם כזה אינו מעביר נתוני סינכרון למסוף ולכן על המסוף לדעת באיזה קצב עליו לדגום את הסיביות באמצעות השעון הפנימי שלו. מודם כזה קרוי גם Unclocked Modem. עבודה עם מודם אסינכרוני מקובלת במהירויות שידור עד 1,200 ס"ש והוא מודם זול יחסית.

במודם סינכרוני (Clocked Modem) ישנו שעון סינכרון פנימי, ששומר על סינכרון בין המודמים בקצות הקו ומתקן את עצמו (זוהי למעשה פעולת הסינכרון). בנוסף לשימוש במודם עצמו לצורך דגימת הקו ברגע הנכון מועברים דופקי השעון למסוף ועוזרים לו בדגימת הסיביות שמועברות אליו מהמודם.

בדיקה, איתור ותיקון תקלות

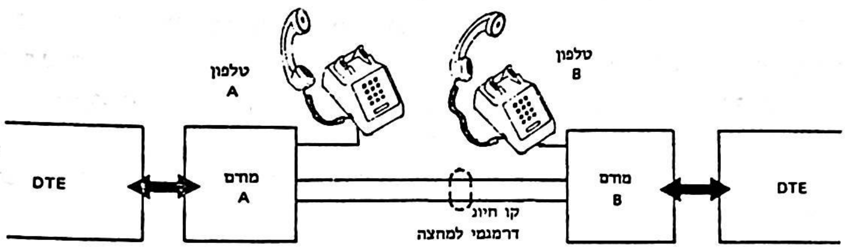
ככל שהמודם משוכלל יותר ניתן יהיה לעבוד איתו בקו נתון באחוז שגיאות נמוך יותר. בדרך כלל מציין יצרן המודם מהו התקן המינימלי של הקו שבו אפשר להפעיל את המודם ברמת האמינות הדרושה. כדי שהמודם יוכל להתגבר על עיוותי הקו מצויים בו בדרך כלל מספר מעגלים אלקטרוניים לתיקון העיוותים, בדרך כלל לתיקון עיוותי הנחתה ומופע. במודמים פשוטים מקובל מעגל תיקון בעל נתונים קבועים. במודם משוכלל יותר ניתן לבחור באמצעות מפסק־בורר את הנתונים ועל ידי כך להתאימם לסוג הקו שהמודם מחובר אליו. במודמים משוכללים ישנם מעגלי תיקון אוטומטיים, בהם ערכי התיקון משתנים בצורה רצופה לפי התנהגות הקו (Adaptive Equalizers).

בדיקות מקובלות להתגברות על תקלות הן: בדיקה עצמית, בדיקת הקו ובדיקת המודם בצידו השני של הקו. ניתן לבצע גם בדיקות משולבות כמו למשל, המודם, הקו והמודם בצידו השני של הקו. ברוב המודמים הפעלת בדיקות אלה דורשת תיאום בין המפעילים בשני קצות הקו. קיימים מודמים מתקדמים בהם הפעלת הבדיקות נעשית אוטומטית על ידי פקודת מחשב.

לכל מודם מהירות שידור קבועה. כאשר איכות הקו יורדת ואחוז השגיאות עולה בגלל תנאי מזג־אויר או סיבות אחרות, ניתן בדרך כלל להוריד את מהירותו לחצי המהירות הרגילה באמצעות מפסק או על ידי פקודה מהמסוף. תכונה זו קרויה Half Speed Backup.

שינויי כיוון הגל הנושא

בתחילת הפרק תואר תפקידו של הגל הנושא בעת האפנון. כאשר תחנה משדרת לקו, על המודם להעלות את הגל הנושא בקו. עם גמר השידור, על המודם להוריד את הגל הנושא ולאפשר לתחנה בצד השני של הקו להעלות את הגל הנושא שלה. ההעלאה וההורדה של הגל הנושא נמשכת זמן רב יחסית,



ציור 5.12: מודם הפועל ברשת חיוג

ולדוגמה, בקו של 1200 ס"ש משך זמן זה הוא 200 עד 300 מילישניות. מכיון שבמהלך תשדורת אחת יש מספר רב של היפוכי כיוון השיחה, עלולה להיות לכך השפעה משמעותית על זמן התגובה.

כדי להתגבר על בעיה זו יש לשמור על גל נושא קבוע לכל כיוון, ואז אין צורך בהעלאתו ובהורדתו. לצורך זה נזקקים לקו עם 4 תילים (4 Wire). שבו הזמן היחיד שמעכב את היפוך הקו הוא זמן הסבב של המודם (5 עד 25 מילישניות). הבעיה קשה יותר בקו רב־נקודתי בו רק התחנה הראשית יכולה להחזיק גל נושא קבוע בעוד שהתחנות המשניות מעלות את הגל הנושא רק כאשר הן משדרות. בחיבור רב־נקודתי יש לכל מסוף מודם משלו.

מודמים לתפקידים מיוחדים

נסקור מספר סוגים של מודמים המשמשים לתפקידים מיוחדים, השכיחים ביותר.

מעבר לרשת החיוג

כאשר קו התקשורת מתקלקל ולא ניתן לעבוד בו אף בחצי מהירות, ישנם מודמים המאפשרים מעבר לרשת החיוג (Switched Network Backup). בשיטה זו מחובר המודם של המסוף לטלפון בו מחייגים אל המודם שליד המחשב. עם יצירת הקשר ממשיך המסוף לעבוד עם המחשב על קו החיוג עד שהקו הראשי מתוקן ומחזירים את הקשר לקו זה.

כדי שהמודם בצד המחשב יוכל לענות לפעולת החיוג אליו, קיימות שתי אפשרויות: האחת היא שמפעיל מבצע את פעולת החיבור בין המודם למחשב על־ידי לחיצה על לחצן מתאים במודם כאשר נשמע הצלצול. האפשרות השניה היא לצייד את המודם באביזר לחיבור אוטומטי (Automatic Answer) ואז ההתחברות למחשב נעשית ללא התערבות אדם. לצורכי תיאום נדרש לעיתים שהמפעילים בשני קצוות הקו יוכל לשוחח ביניהם. לשם כך ישנם מודמים שמותקן בהם ערוץ דיבור (Alternate Voice Channel) אשר ניתן להשתמש בו על ידי חיבור טלפון חיצוני אל שקע מתאים.

לשם יצירת הקשר בין המודם למחשב צריכות להתבצע מספר פעולות של העברת אותות בין היחידות הקשורות:

- המחשב מעלה את האות DTR ומחכה לצלצול.
- מפעיל המסוף מחייג אל המחשב.
- המודם הקשור למחשב ומצוייד באביזר Auto Answer מרים את האות DSR כאשר הוא מקבל את הצלצול.
- המחשב מרים את האות CTS ומשדר גל נושא לקו.
- מפעיל המסוף שומע את הגל הנושא כצפצוף באפרכסת הטלפון והוא לוחץ על לחצן Data שבמודם, ומניח את השפופרת פנויה (לא על עריסת הטלפון).

מרגע זה המסוף והמחשב מעבירים תשדורת זה לזה בהתאם למשטר הקו בו הם עובדים. כאשר המחשב מחליט לנתק את הקשר, הוא מוריד את DTR ו־RTS. כאשר המודם קולט זאת הוא מפסיק את הגל הנושא. המודם שליד המסוף מזהה שמצב זה נמשך מעל פרק זמן קבוע והוא מדליק נורית אזהרה. המפעיל המבחין בכך מוריד את השפופרת על עריסת הטלפון ומנתק את השיחה.

מודמים לטווחים קצרים

קיימים מודמים זולים ובעלי איכות טובה הקרויים Base Band Modems. מודמים אלה נועדו לעבוד בקוים בעלי איכות טובה, רוחב סרט גדול ובמרחקים עד 20 ק"מ.

התנאי לפעולת המודם הוא שהקוים אינם עוברים דרך ציוד נושא (FDM) של משרד התקשורת. הציוד הנושא מבצע את ריבוב־חלוקת־התדירויות ובכך הוא מקטין את רוחב הסרט של הקו עד 4000 ס"ש. במודמים שהוזכרו אין מעגלים מורכבים לצורך העברה בסרט ברוחב קטן (ומכאן מחירם הזול) ולכן אי אפשר להפעילם בסביבה זו.

חיבור ישיר של מסוף למחשב

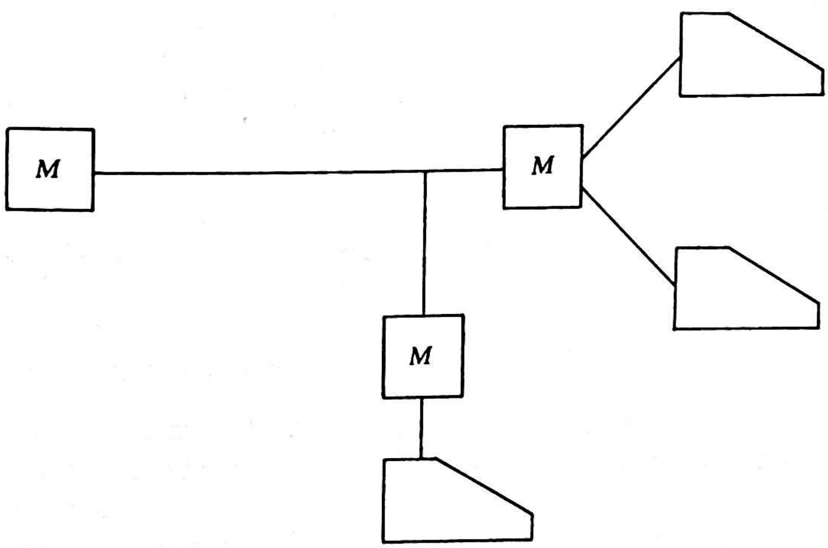
המישקים האלקטרוניים של מסוף המותאם לחיבור לקו הטלפון הם מסוג RS232. אפשר לנצל עובדה זו כאשר המסוף מותקן בקרבת המחשב ולוותר על

החיבור באמצעות מודמים כפי שתואר קודם. במקום זאת יש להשתמש במכשיר הקרוי Modem Eliminator שתפקידו רק לתאם את אותות המישקים של המחשב והמסוף ולספק דופקי שעון מבלי לבצע כל פעולת אפנון. מחיר המכשיר זול באופן משמעותי לעומת מחיר שני מודמים הדרושים בחיבור רגיל לקו הטלפון.

מסוף אסינכרוני אפשר לחבר ישירות למחשב, גם ללא המכשיר, אך נדרש לדאוג לחיבור נאות של הפינים המחברים את המסוף אל המחשב.

מודם לחיבור רב־נקודתי

קיימים מודמים שאפשר לחבר אליהם מספר מסופים ועל ידי כך ליצור את החיבור הרב־נקודתי בתוכם. תכונה זו קרויה Fan-Out. המודם יכול לשרת מספר מסופים מכיון שכל מסוף משדר בזמן אחר. ציור 5.13 מראה מודם עם Fan-Out של 2, מחובר בחיבור רב־נקודתי עם מסוף בעל מודם משלו.



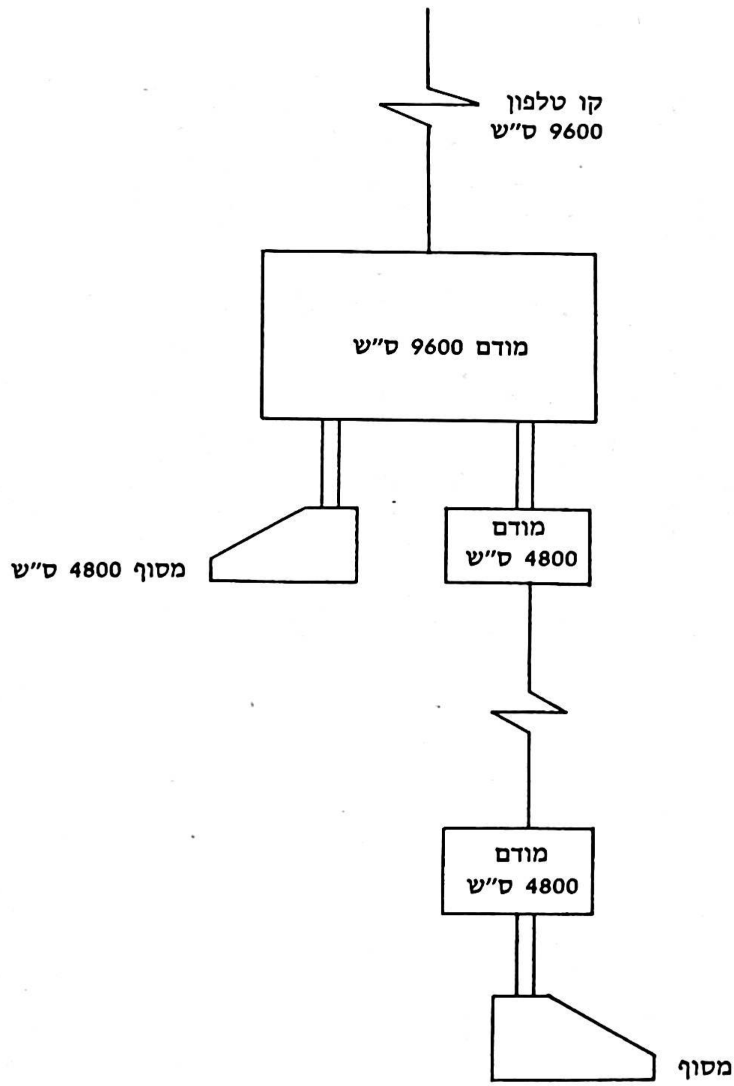
ציור 5.13: חיבור רב־נקודתי של מסופים

ריבוב־חלוקת־זמן באמצעות מודם

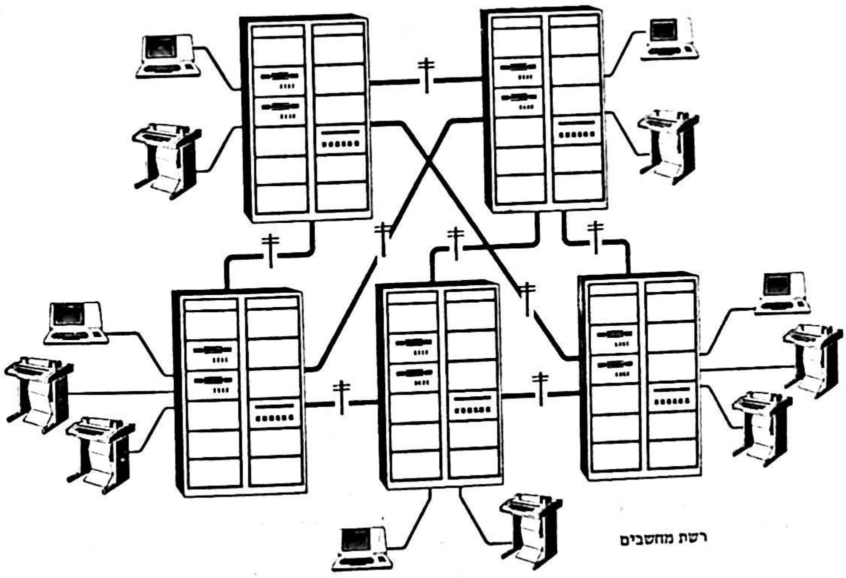
פעולת ה־Channelization שהוזכרה בפרק ד', נעשית על ידי מודמים מתקדמים. בשיטה זו מרבבים מסופים בעלי מהירויות נמוכות אל קו בעל מהירות גבוהה, באמצעות ריבוב־חלוקת־זמן – Time Division) TDM (Multiplexing. למשל, ריבוב שני מסופים שמהירותם 4,800 ס"ש אל קו

שמהירותו 9,600 ס"ש. לגבי המסופים נראה הקו כשני אפיקי נל"ן הפועלים במקביל במהירות 4,800 ס"ש כל אחד.

תכונה נוספת שקיימת במודמים אלו היא אפשרות חיבור מודמים נוספים בצידו הספרתי של המודם הראשי ועל ידי כך להגדיל את אורכו של תת האפיק. ציור 5.14 מתאר חיבור כזה הקרוי **מעגל זנב** (Tail Circuit) וגם מדגים את שיטת ריבוב־חלוקת־הזמן.



ציור 5.14: מעגל זנב



רשת מחשבים

פרק ו':

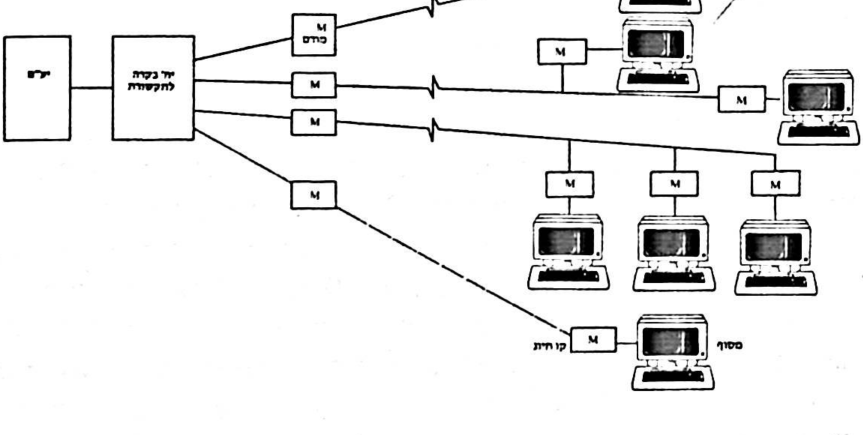
יחידת בקרה לתקשורת

תפקידי יחידת בקרה

בפרקים הקודמים דנו במבני תשדורות, במשטרי קו ובתכונות קו התקשורת. המחשב תואר כ"קופסה שחורה" אליה מגיעות התשדורות, בה נעשה ניהול משטר הקו, ובה נעשה גם החיבור הפיסי של הקוים והמודמים.

רוב המחשבים יכולים לטפל בעצמם במסופים באמצעות התוכנה והחומרה שלהם. על מנת להפחית מהעומס של יחידת העיבוד המרכזית (יע"מ) וכדי לאפשר גידול ברשת מבלי לשנות את החומרה והתוכנה במחשב ועל מנת לחסוך בכסף, מקובל להטיל את הטיפול בתקשורת על יחידה חיצונית למחשב. יש סיבות נוספות לצורך ביחידה זו וביניהן איטיות הקוים ורבגוניות תכונותיהם. סיבה זו מחייבת לעיתים יחידות חומרה שונות למשפחות מסופים שונות.

מהירויות הביצוע של המחשב גבוהות במספר סידרי גודל ממהירויות השידור בקוים. הקוים המתחברים למחשב הינם בעלי תכונות שונות, מבחינת מהירות



ציור 6.1: מיקום יחידת בקרה לתקשורת במערכת

העברה, משטר קו, סוג הקו (נל״ן, חיוג, רב־נקודתי), צורת החיבור של המודם וכד׳. גם מסיבות אלה היה צורך ביחידה שתשמש מישק (Interface) בין העולם החיצוני של קוים ומסופים לבין המחשב. יחידה אשר תטפל במרכיבים השונים שמבדילים בין הקוים ואשר תעביר למחשב תשדורות בצורה ובמהירות אחידה.

ברוב מערכות התקשורת קרויה יחידה זו **יחידת בקרה לתקשורת** (Transmission Control Unit; Communication Control Unit). חלוקת התפקידים בין המחשב לבין יחידת הבקרה שונה במערכות מחשבים ובמערכות תוכנה שונות. את התפקיד של יחידת הבקרה ניתן לסווג בשלש קבוצות:

- תפקידים בסיסיים,
- תפקידים שימושיים,
- תפקידים אופציונליים.

לעיתים מרחיבים את תפקידי היחידה הזו עד כדי טיפול בכל שלבי התקשורת ולמחשב נותר רק הטיפול בעיבוד התנועה. במקרה זה נקראת יחידת הבקרה **מחשב קדמי** (Front End Processor), **מחשב לתקשורת** (Communication Processor) או INP (Intelligent Network Processor).

כדי לתאר את תפקידיה של יחידת הבקרה נציג כדוגמה את יחידות הבקרה לתקשורת של חברת יבמ. יחידות הבקרה מסדרת 270x (2701, 2702, 2703) ביצעו תפקידים בסיסיים. יחידות הבקרה 370x (3704, 3705) הוסיפו על כך תפקידים שימושיים והורידו מהיע״מ את עומס הטיפול בתקשורת.

הקשר התפקודי בין המחשב ליחידת הבקרה מתקיים באמצעות תוכנה לניהול ...ורת הנמצאת במחשב. מרכיבי התוכנה המטפלים בפעולות קלט ופלט ...ים **שיטת גישה** Access Method. בענין זה נדון בהרחבה בפרק ח׳.

תפקידים בסיסיים

יחידות הבקרה הראשונות אשר שווקו על ידי יבמ היו מסדרת 270x. הן נבנו מחומרה בלבד, ללא יכולת תכנות. כדי לאפשר להן לפעול עם משטרי קו שונים ומהירויות שונות נבנו להם מתאמים (Adapters) כפי שנדרש.

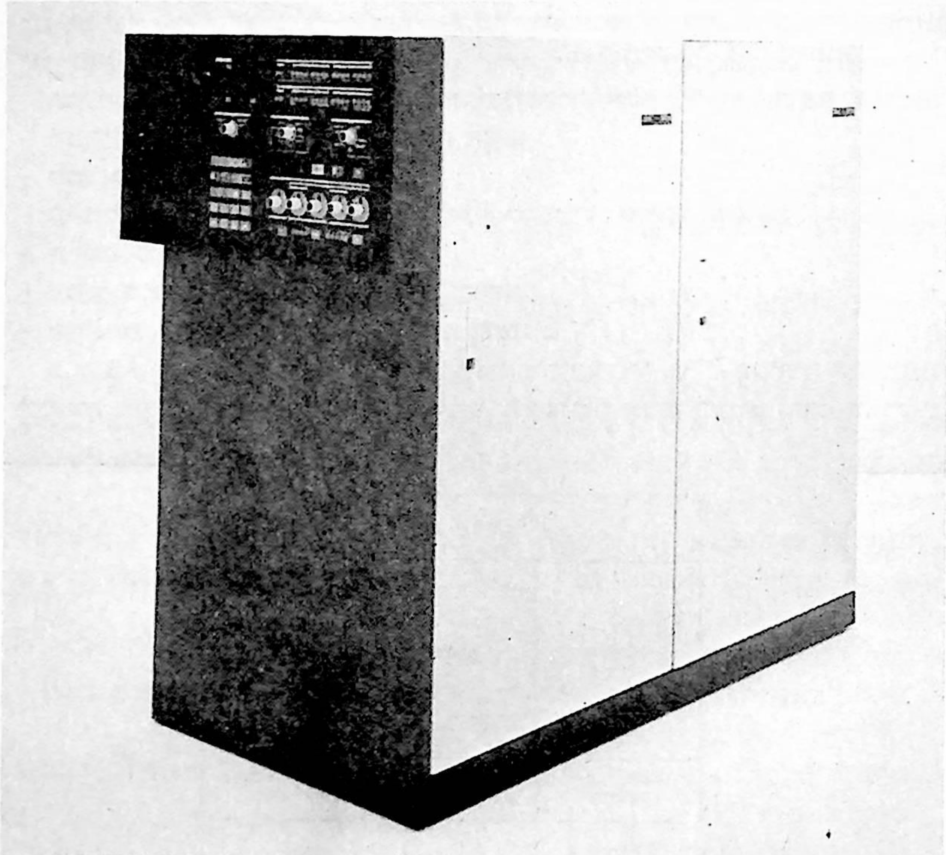
במרוצת הזמן הוחלפו יחידות 270x ביחידות בקרה חדשות מסדרות 370x הניתנות לתכנות. כדי לאפשר לכל היישומים שעבדו עם 270x להמשיך ולפעול עם 370x נכתבה תוכנית בשם EP (Emulation Program) אשר דימתה את התפקידים שבוצעו על ידי המתאמים השונים של 270x.

התפקידים שבוצעו על ידי יחידות הבקרה מסדרת 270x:

א. תאום לקוים. ליחידת הבקרה היו מתאמים לחיבור מודם ולחיבור ישיר של קוים מסוגים שונים.

ב. התקשרות למחשב. כמו כל יחידת בקרה לקלט־פלט התקשרה גם יחידת

הבקרה אל ערוץ הקלט־פלט (Channel) של המחשב לצורך העברת תשדורות אליו ולצורך קבלת תשדורות ממנו. העברת התשדורת ליחידת הבקרה וממנה נעשו באחריות הערוץ, וכך יכול היה היע"מ לבצע עיבודים במקביל.



ציור 6.2: יחידת בקרה לתקשורת

ג. קליטה ושידור. יחידת הבקרה שידרה או קלטה בו־זמנית מכל הקוים המחוברים אליה. התוים שהועברו מהמחשב ליחידת הבקרה הופרדו על ידה לסיביות שהועברו בצורה טורית אל המודם, או אל הקו. בקליטה, הסיביות הגיעו בטור ויחידת הבקרה קיבצה אותן לתוים אשר הועברו למחשב. כדי לבצע תפקיד זה היה על יחידת הבקרה לדעת עבור **כל קו** את מהירות השידור, את אורך התו ומבנהו, ואת שיטת השידור (סינכרוני או אסינכרוני). יחידת הבקרה אגרה תו אחד בלבד לכל קו, ואגירת התשדורת כולה נעשתה במחשב.

ד. איתור תקלות. יחידת הבקרה זיהתה תקלות בקו כגון קליטה של תוי בדיקה שגויים, תקלה במודם בקצה הקרוב של הקו, חוסר תשובה מהמסוף (Time-Out) וכד'. במקרים הללו דיווחה יחידת הבקרה למחשב על התקלה. יחידת הבקרה יצרה את תוי הבדיקה לתו ולגוש נתונים עבור תשדורות פלט.

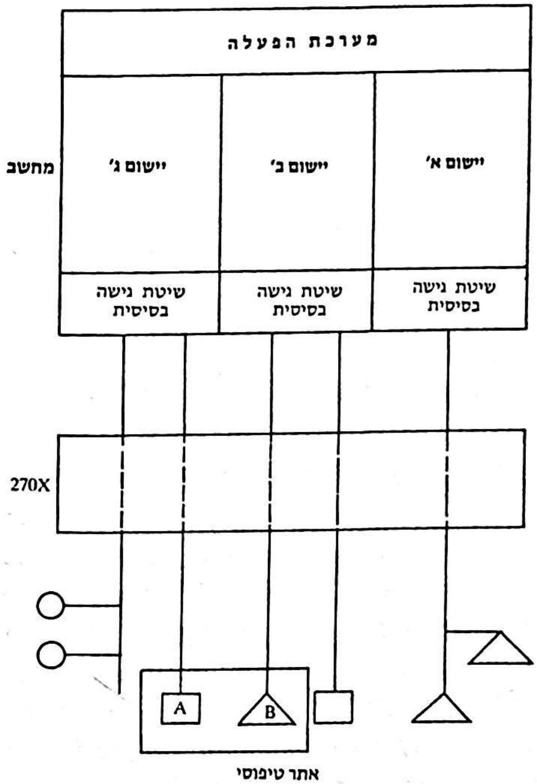
ה. זיהוי תוי בקרה. יחידת הבקרה זיהתה תוי בקרה בתשדורת כגון תוי תחילת וסוף שידור, תוי בדיקה, תוי סינכרון ועוד.

ו. חיוג. בקו חיוג טיפלה היחידה בבעיות של יצירת קשר על ידי התחברות למודם עם קבלת "צלצול" ממסוף, או שליחת "צלצול" כאשר תוכנית המחשב "חייגה" אל המסוף.

הפעולות אשר לא בוצעו על ידי יחידת הבקרה, אלא על ידי תוכנית המחשב:

- ניהול משטר הקו (חקירה, מעינה וכו'),
- יזום קשר עם מסופים,
- טיפול בתקלות (שידור חוזר, הודעה למפעיל, סגירת קו),
- תרגום מקוד אחד למשנהו,
- ניהול מאגרי זכרון לאחזקת התשדורות,
- התאמת התנועות לסוגי המסופים השונים.

ציור 6.3 מדגים את הסביבה בה פעלה יחידת הבקרה 270x. הצורות ההנדסיות השונות מייצגות מסופים מסוגים שונים הקשורים אליה בקוים נפרדים. כל קו



ציור 6.3: הסביבה בה פועל 270X

תקשורת קשור ליישום מסויים במחשב מכיון שהיישום הוא היוזם את הקשר עם המסוף ושולט עליו מבחינת משטר קו. דבר זה גורם לכך שבאתר טיפוסי שפועלים בו שני יישומים דרושים שני קוים ושני מסופים נפרדים כפי שמתואר בציור. אם האתר היה מחובר בחיוג ליחידת הבקרה, הוא יכול היה להשתמש במסוף אחד (וכמובן גם קו אחד) ולהתקשר ליישומים שונים באמצעות חיוג לקוים שונים ביחידת הבקרה ("כניסות" שונות).

תפקידים שימושיים

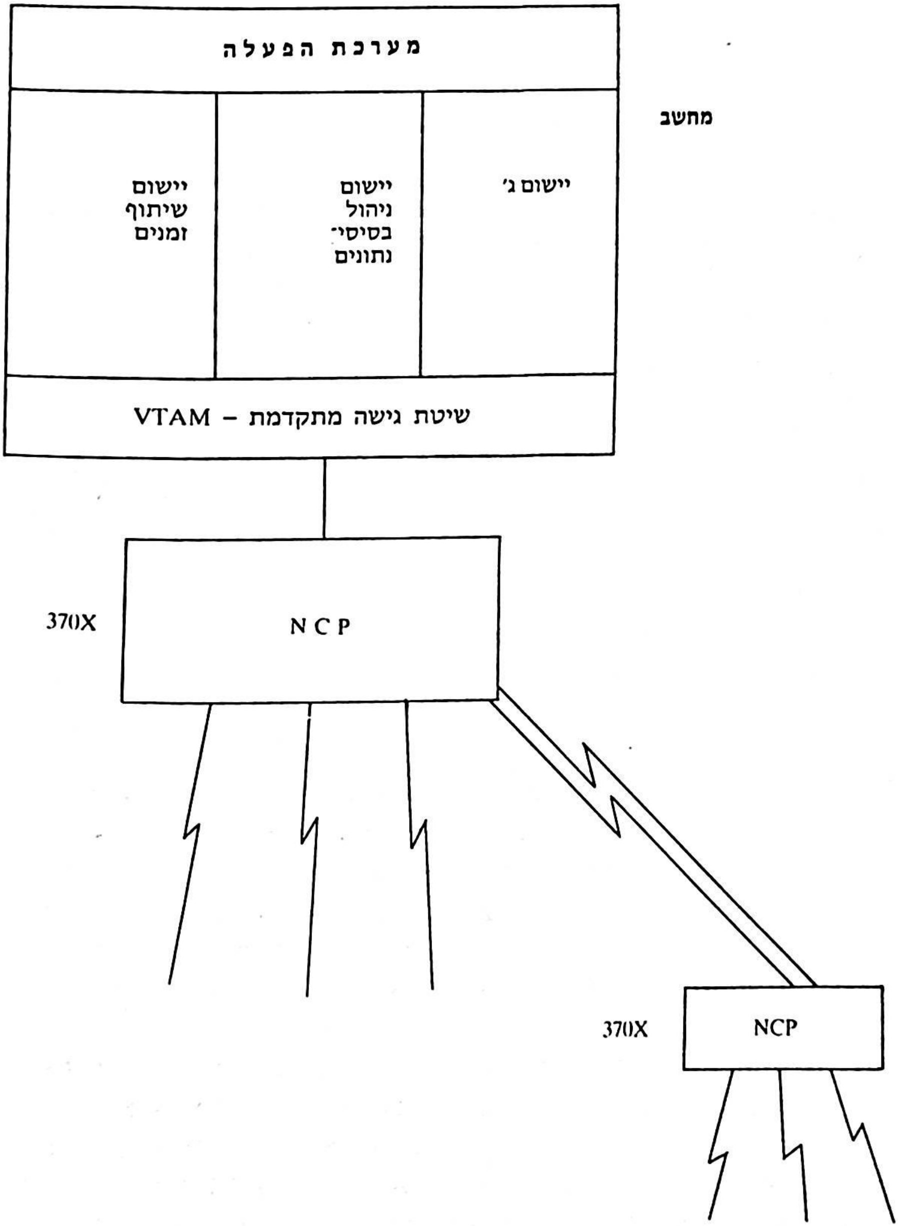
יכולת התכנות של היחידה 370x והעובדה שהיא בעלת זכרון שמגיע עד 512k בתים, איפשרו להטיל עליה תפקידים נוספים שהורידו את העומס מהמחשב המרכזי ואת נטל ניהול התקשורת מהיישומים. ניהול התקשורת שהועבר ליחידת הבקרה איפשר גם ביטול הקשר בין הקוים והיישומים. הקוים והמסופים הפכו למשאבים משותפים לכל היישומים. בפרק ח' נדון בכך ביתר פירוט.

התוכנית שמבצעת את ניהול התקשורת ב־370x קרויה NCP (Network Control Program). בנוסף לתפקידים שבוצעו על ידי ה־270x היא נותנת את השירותים הבאים:

- ניהול משטר הקו (חקירה, מעינה וכד').
- טיפול בנתונים ברמה של תשדורות. NCP מקבל ומעביר למחשב תשדורות שלימות המקובצות במאגרי הזכרון של יחידת הבקרה.
- טיפול בתקלות (שידור חוזר, הורדת מהירות השידור, רישום תקלות, הפסקה מסודרת של הפעילות ועוד).
- תרגום מקוד אחד למשנהו.
- ניהול זרימת הנתונים בהתאם לתכונות המסוף, ובהתאם לעומס ברשת. ההתאמה למסוף היא מבחינת גודל התשדורת שתתאים לגודל מאגרי המסוף, קצב הפלט שיתאים ליכולת הפלט של המסוף וכד'.
- ביצוע בדיקות לקוים ולמסופים ואפשרות לרשום מעקב (Trace) של התעבורה לצורכי איתור תקלות.
- אפשרות חיבור יחידת בקרה אחת לשניה במספר קוים תוך חלוקת העומס ביניהם.
- אפשרות לשנות את המבנה הטופולוגי של הרשת בצורה דינמית.
- סגירה מסודרת של הרשת, כאשר מנותק הקשר למחשב.
- איסוף נתונים לגבי ביצועי הרשת.

יחידת הבקרה 3705 יכולה להתחבר לערוץ המחשב כמו כל יחידת בקרה לקלט ופלט, או באמצעות קו תקשורת. כאשר החיבור הוא באמצעות קו תקשורת מחוברת יחידת הבקרה המרוחקת כמסוף אל יחידת הבקרה המקומית,

ואליה מחברים מסופים רבים במהירויות שונות. יחידת הבקרה המרוחקת קולטת את הנתונים מהמסופים ומשדרת הודעות שלימות אל יחידת הבקרה המקומית. קו התקשורת בין יחידות הבקרה הוא בדרך כלל מהיר ובכך נחסכים הקוים הרבים והכניסות ליחידת הבקרה המקומית, שהיו נדרשים לוא חוברו המסופים ישירות אליה.



ציור 6.4: הסביבה בה פועלת יחידת הבקרה 370X

מחשב קדמי כיחידת בקרה

מחשב קדמי (Front-end) יכול לבצע תפקידים נוספים לתפקידים של יחידת הבקרה:

- יצירת תבנית אחידה להודעות,
- מעקב על התקשורת בין מסופים ליישומים,
- ניהול מעקב על נתיבים ברשת, תוך איזון דינמי של העומס הקיים בהם,
- מתן נתונים למשתמשים על תורים ועומסים במחשב,
- מתן שירותי עזרה (Help) למפעיל מסוף שאינו מכיר את נוהלי העבודה ברשת.
- העברת תשדורות ממסוף למסוף (מיתוג הודעות) מבלי להזדקק לשירותי המחשב,
- דחיסת הנתונים בתשדורת למסופי שע"ר (RJE). בתשדורות כאלה מופיעים לעיתים תוים חוזרים או צירופי תוים שכיחים ומחשב התקשורת הוא זה שסורק את הנתונים ומשדר קודים מיוחדים לתיאור תוים חוזרים.
- יצירת **יומן תנועות** (Log). ביישומי תקשורת מקובל לרשום כל תנועה נקלטת לצורך שיחזור התנועה במקרה של תקלה.

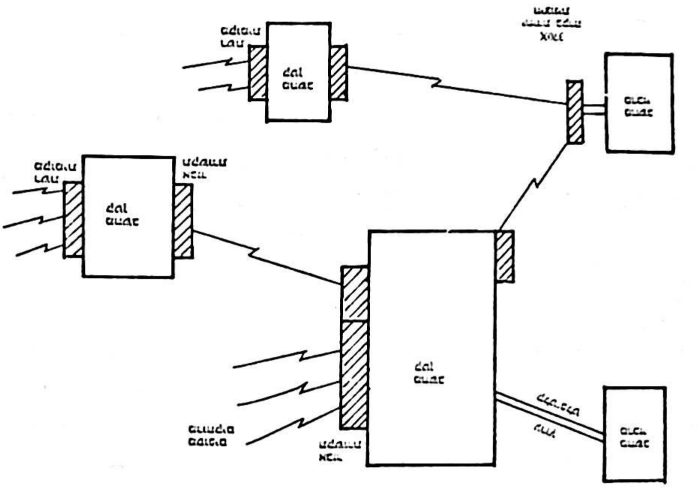
יחידת בקרה משולבת במחשב

במחשבים קטנים נמצאת בדרך כלל יחידת הבקרה בתוך המחשב עצמו כמיקרו־מחשב מתוכנת במיקרו־תוכנה. התפקידים שונים ממחשב למחשב אך אפשר למצוא בהם שילוב מסויים של תפקידי 270x ו־370x.

מחשב קטן הפועל ברשת תקשורת יכול לפעול כמערכת עיבוד נתונים עצמאית עם מסופים, הוא יכול להיות חבר ברשת תקשורת מחשבים (פרק י') או במערך עיבוד נתונים מבוזר (פרק י"א). מאפיין השימוש במחשב קטן, או מחשב זעיר, הינו הצבתו בקרבת המשתמש כדי שיבצע בו את רוב העיבודים הדרושים לו. מחשב כזה יכול להיות גם מחשב מרכזי במפעל קטן, במחלקה או בלשכת שרות כשם שמחשב גדול משרת ארגון גדול.

המחשב הזעיר או הקטן משתתף בניהול רשת התקשורת ובפיקוח על המסופים בנוסף לתפקידו בביצוע יישומי המשתמש. שילוב זה מביא לכך שהמחשב צריך להכיל גם את השירותים של יחידת הבקרה לתקשורת.

אבזר התקשורת (Feature) המורכב במחשב ממלא תפקיד של יחידת בקרה לתקשורת. במקרים רבים נמצא שאבזר זה הינו מיקרו־מחשב המתוכנת במיקרו־תוכנה. האבזר פשוט וזול ומבצע בדרך כלל שירותים מוגדרים קבועים כמו סינכרון תוים ותשדורות, חישוב תוי בקרה (CRC) ועוד. על המחשב מוטל עומס העיבוד הכרוך בטיפול בפסקים, ביצוע נוהל התקשורת וניתוב ההודעות



ציור 6.5: מחשב קטן לעיבוד ולבקרת תקשורת

ברשת. קיימים אבזרי תקשורת משוכללים יותר הממלאים גם תפקידים שימושיים נוספים של יחידת הבקרה. הם יכולים להעביר נתונים למחשב אחר ברשת ולבצע את נוהל התקשורת, לתמוך במספר גדול יותר של קוים ובקצבים גבוהים יותר. אך עדיין אלו הם אבזרים של מחשב זעיר שתחום פעילותו מוגדר ומוגבל.

רוב התוכנה של ניהול התקשורת פועלת במחשב עצמו ומיעוטה – באבזר התקשורת.אבזר התקשורת מקבל את הנתונים המשתנים על סוגי המסופים, תכונות הקוים וכו' מהגדרות ופרמטרים הנמצאים במערכת ההפעלה של המחשב.

המסופים המחוברים למחשב הזעיר נמצאים בדרך כלל בקרבת המחשב, אשר אבזר התקשורת שלו משמש גם יחידת בקרה למסופים. במקרים רבים משתמשים במסופים אסינכרוניים שאין להם כושר עיבוד מקומי ולכן המחשב מבצע עבורם את כל שירותי התקשורת. בקרת השידור יכולה להיות פשוטה, בנוהל **הד** (Echo) שבו יחידת הבקרה מחזירה למסוף כל תו שנקלט ממנו, וכך מוודא המסוף שהתו הגיע למחשב ונקלט כהלכה. מסופים אסינכרוניים אפשר לחבר גם על ערוץ המחשב ככל יחידת קלט־פלט.

פרק ז':

מסופים ויחידות בקרה

המשתמש והמסוף

בפרק הראשון הוצגו משתמשים שונים במערכות עיבוד בתקשורת: פקיד קהל בבנק, פקידת נסיעות בחברת תעופה וקופאי בסופרמרקט. המשותף ביניהם הוא היותם משתמשים שמקצועם אינו בתחום עיבוד הנתונים האוטומטי. את השירותים ממערכת עיבוד הנתונים הם מקבלים באמצעות מכשיר הקרוי **מסוף** (Terminal) אשר הם מפעילים בעצמם לשם הזנת נתונים, הצגת שאילתות ודו־שיח בהתאם לתכנון היישום. הקשר אל המערכת הוא בלתי־אמצעי, ועל כן המגע הקרוב שיש להם אתה בעת ההפעלה קובע את שביעות רצונם ובסיכומו של דבר – את הצלחת יישום מערכת העיבוד בתקשורת.

מן הראוי להקדיש מחשבה לנושא המסוף והשימוש בו. התאמת המסוף לצרכי המשתמש נראית פשוטה לכאורה, אך חוסר תשומת לב מספקת לנושא יכול לגרום הקמת "מערכת טובה" מבחינה טכנולוגית, אך עלולה זו להיות מערכת שאינה משרתת את הצרכנים שלמענם נועדה.

בחירת המסוף ותחנת העבודה (Work Station) נעשית לרוב על־ידי אנשים בעלי רקע בתחום המחשבים, מן הראוי שגם הצרכנים יכירו את הנושא כדי שיוכלו להתאים את המסוף ונוהלי העבודה וההפעלה למשתמשים של המערכת בפועל. להבהרת סוגיות בענין זה מכוון הפרק שלפנינו.

סוגי מסופים

המסוף הינו מכשיר שמטרתו לקלוט נתונים מהמפעיל ולשדרם למחשב, לקבל באמצעות קו התקשורת את פלט המחשב ולהציגו בפני המפעיל. לעיתים התחלת הפעולה הינה בצד המחשב המשדר נתונים אל המפעיל ומצפה, או שאינו מצפה, לתגובתו. הזנת הנתונים על־ידי המפעיל נעשית לרוב באמצעות קלידים, תצוגת הנתונים נעשית בדפוס או במרקע טלויזיוני ("מסך" – Screen).

הטלפרינטר

המסוף הראשון ששימש לתקשורת ספרתית הוא הטלפרינטר. המכשיר כולל מקלדת (Key-board) מדפסת, קורא ומנקב סרט נייר. קצב השידור של הטלפרינטר הוא 50 עד 100 ס"ש, בתוים בעלי 5 סיביות בקוד באודו. הטלפרינטר זול במחירו ואמין מבחינה מכנית.

הטלפרינטר מיועד בעיקר לתקשורת ישירה בין מסופים ללא שימוש במחשב. חיבורו למערכת מחשב אינו נוח מכיון שהוא אינו מותאם לקליטת הוראות בקרה ואין לו יכולת בדיקה של שגיאות שידור. העדר הבקרה על תנועות שמתקבלות בטלפרינטר פוגע באמינות הקלט, ולפיכך אין משתמשים בו כאשר השגיאה יכולה לגרום נזק כמו בעדכון קבצים למשל. הוא יכול לשמש במערכת של מיתוג תשדורות שבה אפשר לשדר פעמיים מידע חיוני הניתן לבקורת על־ידי אדם.

מסופים פשוטים

חברות המחשבים ייצרו מסופים פשוטים הדומים לטלפרינטר אך נוחים יותר להפעלה. במסופים אלו משתמשים בתוים בני 6, 7 או 8 סיביות, והם יוצרים ובודקים סיביות קוד לגילוי שגיאות (בדרך כלל ביקורת זוגיות – Parity Check). קצב תמסורת הנתונים הוא עד 1200 ס"ש.



ציור 7.1: מסוף עם זיכרון פנימי

המסופים הזולים בקבוצה זו הינם חסרי זכרון פנימי ולכן התמסורת למחשב נעשית באופן ישיר בעת הקשת הנתונים במסוף, או בעת הקריאה של סרט נייר מחורר. קצב ההקשה של המפעיל הוא 2 עד 3 תוים לשניה וקצב קריאת סרט הנייר כ־10 תוים לשניה. ניצול קו התקשורת בצורה זו אינו יעיל ועלות השידור מייקרת את העלות הכללית של השימוש במסוף מסוג זה. כדי לייעל את השימוש בקו קיימים מסופים יקרים יותר, בעלי זכרון פנימי אשר אוגר את הנתונים שמקיש המפעיל. השידור נעשה בקצב גבוה וברצף לאחר שהמפעיל הקיש על מקש "סוף־תשדורת".

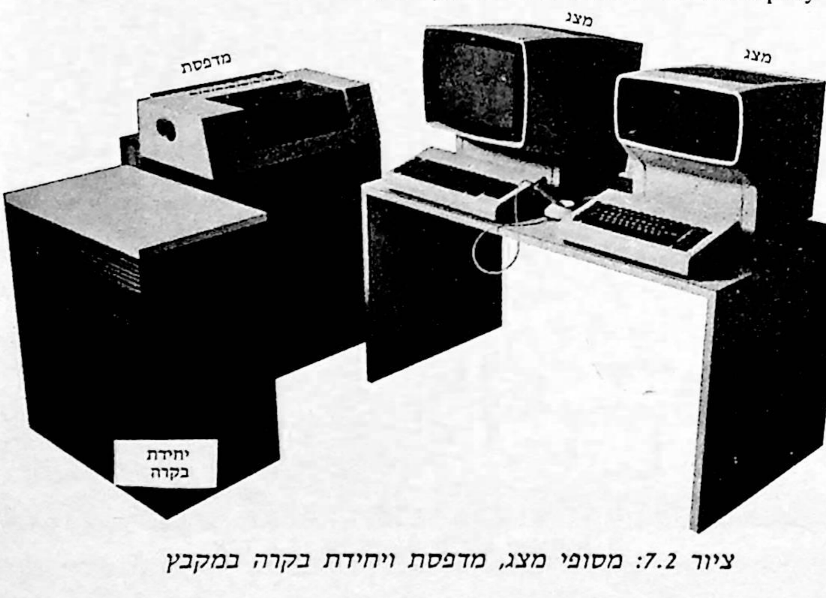
מסופים אחרים

בעיית נוחות ההפעלה, הצורך בעריכת הקלט, תיקון שגיאות הקשה ובקרת התשדורות הביאה לפיתוח מצגים, בהם נדון בהרחבה בהמשך. המסופים שהוזכרו עד כה משמשים בעיקר ליישומים הידברותיים, בהם קיים דו־שיח בין המפעיל לתוכנית המחשב.

מסופים מסוג אחר משמשים ליישומי שע״ר (RJE). מסוף שע״ר מורכב בדרך כלל מאוסף של יחידות קלט ופלט כגון: מצג אחד או יותר, מדפסת, כונן דיסק מגנטי או כונן תקליטון. הקלט נערך במצג ונשמר במצע המגנטי (דיסק או תקליטון) לשם שידור מאוחר יותר. השידור מבוצע לאחר סיום הזנת מנת הנתונים. הנתונים המגיעים מהמחשב מודפסים באופן ישיר בעת קליטתם או שהם מועברים למצע המגנטי לאחסון לשם עיבוד, או הדפסה במועד מאוחר יותר. אחסנת הביניים קרויה SPOOL. כאשר ההדפסה מבוצעת בעת קליטת השידור מקו במהירות של 2400 ס״ש, היא מוגבלת לקצב של כ־250 שורות לדקה (8 סיביות לתו, כ־100 תוים לשורה). תיאום מהירות השידור וההדפסה נעשה על־ידי המסוף המשתמש באחסנת ביניים כפי הצורך.

מסוף מצג ומדפסת

פשטות ונוחות ההפעלה, עריכת הנתונים לפני שידור, תצוגה ברורה של הקלט והפלט ומהירות קליטה ושידור הם כמה מהדרישות שהביאו לתכנון וייצור **המצג** (Display Unit) אשר משמש כיום כמסוף עיקרי במערכות תקשורת אדם־מחשב.



ציור 7.2: מסופי מצג, מדפסת ויחידת בקרה במקבץ

המצג מורכב **ממקלדת** (Key-board) **ומרקע** (Display). מסוף זה קיבל את שמו מאפשרות ההצגה של הנתונים במרקע (או מסך) ועל כן נדון ברכיב זה תחילה. אל המסוף צמודה לעיתים מדפסת המאפשרת קבלת תדפיס של הנתונים המוצגים או שהיא משמשת כמסוף פלט עצמאי.

מרקע המצג

במרקע המצג מוצגים התוים אשר מקישים במקלדת לשם שידור למחשב, או התוים אשר מתקבלים מהמחשב. ישנם מצגים עם תכולה שונה וסידור שונה של תוים במרקע. במסוף יבמ 3278 למשל, קיימת אפשרות ל־1920, 2560 או 3440 תוים במרקע והם מסודרים בשורות בנות 80 תוים כל אחת. אפשר גם לקבל מרקע בעל 3564 תוים, בשורות בנות 132 תוים כל־אחת.

ברוב המצגים המרקע הוא טלויזיוני, או כפי שהוא קרוי בשפת האלקטרוניקה: **שפופרת קרן קתודית** CRT (Cathode Ray Tube). במרקע מסוג זה מוצגים תוים על־ידי שינוי עוצמת האור של הקרן בעת שהיא סורקת את המרקע. המגבלה של מרקעים כאלה היא הנפח הרב שהם תופשים (גודל השפופרת).



ציור 7.3: מסוף עם מרקע שפופרת גז

מרקעים מסוג אחר מציגים את התוים כאוסף של נקודות, אשר כל אחת מהן נוצרת על־ידי **שפופרת גז** זעירה (Gas Panel). נפח מרקע זה קטן יותר מהמרקע הטלויזיוני. התמונה יציבה יותר, כיון שאין כאן הבהוב של קרן אלקטרונית אלא הצתה קבועה של גז. מרקעים אלו אינם שכיחים עקב מחירם הגבוה יחסית למחיר המרקעים הטלויזיונים, או שהם בעלי תכולה קטנה.

הסמן (Cursor) הינו תו מיוחד המשמש כמראה־מקום על פני המרקע. המפעיל יכול לזהות בעזרתו את המקום שבו יוכנס תו הקלט הבא. הסמן מוצג במרקע **כקו תחתון** (Underscore) או כריבוע. כאשר מקישים במקש כלשהו התו מוצג במרקע במקומו של הסמן, אשר נע ימינה או שמאלה בהתאם לכיוון הכתיבה. קיימים במקלדת מקשים מיוחדים המאפשרים הזזת הסמן על פני המרקע ימינה ושמאלה, למעלה ולמטה. מקשים אחרים מסיטים אותו לתחילת שורה חדשה, לפינה העליונה של המרקע ועוד.

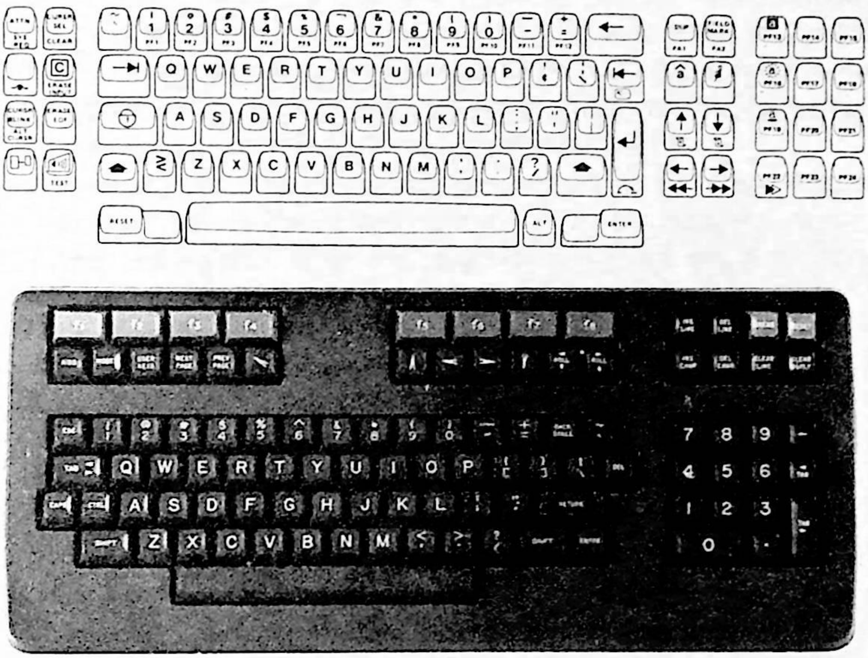
אביזר חשוב המותקן במסופים עם מרקע טלויזיוני הוא **עט אור** (Light Pen) עט אור הינו מכשיר דמוי עט המחובר למצג בכבל חשמלי. באמצעות עט האור מצביע המפעיל על שדה רצוי על פני המרקע כדי לציין את תשובתו לתוכנית המחשב או בקשתו ממנה. העט מכיל תא פוטואלקטרי, וכאשר הוא מוצמד למרקע נוצר בו אות חשמלי בעת פגיעת הקרן הסורקת את המרקע. אות זה מועבר ליחידת הבקרה של המצג אשר מזהה את הכתובת שבה פגע עט האור. הכתובת מועברת למחשב והתוכנית מזהה את השדה שבו פגע העט. רגישות השדה למגע עט אור נקבעת על־ידי תו הבקרה של השדה, כפי שיוסבר בהמשך.

מקלדת

המקלדת של המסוף כוללת את מערך המקשים או הקלידים המאפשרים הפעלת המסוף, הזנת נתונים ועריכתם. סידור התוים המיועדים להזנת נתונים (אותיות, ספרות וסימני מיוחדים) יכול להיות לפי מערך התוים של מכונת כתיבה, לפי מערך מכונת־ההקלדה לְהזנת נתונים (ספרות בעיקר), או לפי מערך אחר רצוי.

המקשים המיוחדים מיועדים לביצוע פעולות שונות הקשורות בהפעלת המסוף ובתצוגת הנתונים. פעולות אלו כוללות בין השאר מחיקת המרקע (Clear), הוראה לשידור הנתונים המוצגים במרקע עם סיום פעולת ההקשה, "שלח" – ENTER, הזזת הסמן על פני המרקע, מעבר לשורה חדשה, הוספת תוים בתוך התמליל המוצג (Insert) ומחיקת תוים מתוך תמליל (Delete), דילוג ועוד. הקשה באחד **המקשים הפונקציונליים** מאפשרת שידור קוד אשר התוכנית יכולה לזהות כתנועה ולפעול כאילו הוקשה התנועה בשלימותה ("תנועה מתוכנתת").

במצגים הפועלים בעברית ובמצגים דו־לשוניים יש צורך לשנות כיוון ימין־שמאל לשמאל־ימין ולהיפך כאשר עוברים מתמליל עברית לספרות וכאשר



ציור 7.4: חלוקה פונקציונלית של מקלדת

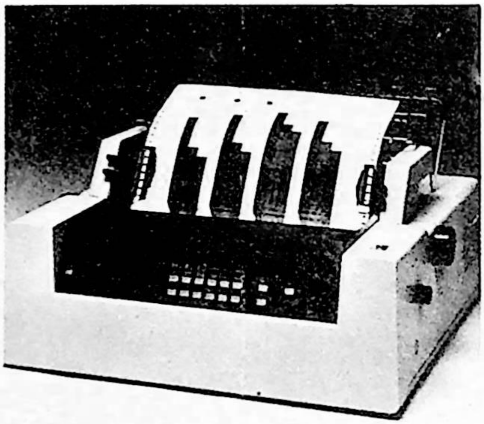
עוברים משפה לשפה. בעיה זו אינה קיימת במצגים הפועלים באנגלית בלבד. למטרת שינוי כיוון הזנת הנתונים קיים מתג או מקש הפעלה מיוחד. שינוי הכיוון יכול להעשות גם בעת שידור מהמחשב למסוף על־ידי תוי בקרה מיוחדים הנשלחים עם התמליל.

מדפסת המסוף

תהליך העבודה במסוף־מצג משרת מטרות שונות כמו הזנת נתונים, קבלת תשובות לשאילתות, תכנות בשיטה הידברותית ועוד. השימוש במצג מאפשר למשתמש לקבל במהירות את פלט המחשב, אך אינו מאפשר לו לקבל תדפיס. לשם כך כולל מערך המסופים גם מדפסות. ישנן מדפסות הקשורות אל המצג, אך לרוב הן עצמאיות וקשורות כמסוף נפרד אל יחידת הבקרה למסופים.

ההדפסה יכולה להתבצע לאחר העברת תוכן מאגר המצג אל המדפסת באופן ישיר כאשר היא מחוברת אליו או באמצעות יחידת הבקרה למסופים, או לאחר שידור מהמחשב. הוראת ההדפסה יכולה להנתן על־ידי מפעיל המצג או על־ידי הוראה של תוכנית המחשב.

כדי שהמצג יהיה פנוי בעת ביצוע ההדפסה עליו להעביר את הנתונים המיועדים להדפסה אל מאגר (זכרון) של המדפסת. לאחר העברה זו אפשר ל"מחוק" את המרקע ולהשתמש במצג לפעולות אחרות.



ציור 7.5: מדפסת מסוף

למדפסת ישנם תוי בקרה מיוחדים לשם שליטה על הפעלתה ועל בקרת עריכת הנתונים, וביניהם: מעבר לדף חדש, קידום שורה, קביעת גודל דף (מספר שורות), מעבר לשדה חדש, קביעת גבולות שדה, מרווח בין שורות, קביעת צפיפות הדפסת השורות או בתוך שורה ועוד.

אופני פעולה של המצג

מצגים אפשר לסווג לפי אופני הפעולה שלהם.

מצג פשוט (וזול) יכול לאגור בזכרון מספר קטן של תוים, ולרוב שורה אחת שלימה, והוא פועל בשיטת **שידור תוים** (Character Mode). בכמה מהמצגים בקבוצה זו הקשת תו גורמת לשידורו המיידי למחשב וקליטתו חוזרה כ"הד". הצגתו התקינה במרקע מוכיחה כי שידורו עבר בהצלחה. במצגים אחרים בקבוצה זו נשלחת השורה בשלימותה למחשב. בדיקת תקינות התשדורת נעשית על־ידי הקודים המקובלים לבדיקת שידור. מצגים מסוג זה פועלים בקוים פרטיים.

מצג משוכלל יותר אוגר את כל תוכן המרקע במאגר פנימי שלו, ולכן הוא פועל בשיטת **מרקע שלם** (Full Screen; Block Mode). כל זמן שהתשדורת מצויה במאגר ומוצגת במרקע יכול המפעיל לתקן שגיאות הקלדה ולערוך מחדש את התשדורת. כאשר סיים את הכנת התשדורת עליו להקיש במקש **שלח** כדי להודיע שהיא מוכנה לשידור. פעולה זו גורמת גם לנעילה (Lock) של המקלדת עד להשלמת התמסורת.

מצגים הפועלים בשיטת המסך השלם מאפשרים חיבור אל קו רב־נקודתי.

בתהליך החקירה בודק המחשב אם באחד המסופים הופעל מקש **שלח**, אשר משמעותו שיש תשדורת מוכנה. כאשר מצג כלשהו מודיע למחשב שהוא מוכן לשידור, מתבצעת הקריאה. אם חלה שגיאת שידור, יוזם המחשב באופן אוטומטי קריאה חוזרת של התשדורת ממאגר המסוף. אם הקליטה בוצעה ללא תקלה משחרר המחשב את מקלדת המסוף להכנת תשדורת חדשה. כאשר המצג מחובר לקו נל״ן אין צורך בתהליך חקירה. הקשת **שלח** תגרום את תמסורת תוכן מאגר המצג אל המחשב.

כדי להעלות את יעילות מערך המסופים הפועלים בקו רב־נקודתי או קוי נל״ן, משתמשים במקבצי מסופים הקשורים אל יחידת בקרה לתקשורת אשר מחוברת לקו. המקבץ יכול לכלול מצגים ומדפסות מאותה משפחת מסופים. תיאור יחידת הבקרה ושירותיה ניתן בהמשך.

מאפיינים ותכונות של המצג

מפעיל המצג מזין נתונים לשידור בדרכים שונות: על־ידי הקשת מלוא תוכן התשדורת, על־ידי תשובה לשאלה המופנית אליו מהמחשב בתהליך הידברותי, ועוד. על השיטות המקובלות להזנת נתונים ועריכת המרקע לשידור נעמוד בהמשך.

א. שדות ותוי בקרה

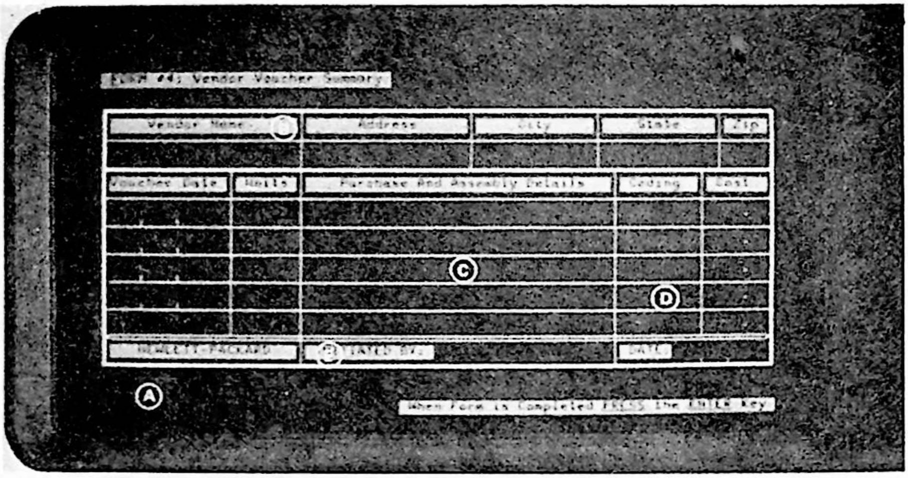
ברוב המצגים ניתן לחלק את המרקע **לשדות** על־ידי שידור ״מסכה״ או ״תבנית״ מתוכנית המחשב. התבנית מגדירה את מיקומו של כל שדה על פני המרקע ואת תכונותיו. את התכונות מגדירים באמצעות **תו בקרה** מיוחד הנמצא בכתובת שלפני השדה. תו הבקרה אינו מוצג במרקע אך הוא תופס מקום במאגר המצג. ישנם מצגים שבהם תוי הבקרה גורעים מקיבולת המרקע ובאחרים תוי הבקרה נמצאים במאגר בלבד.

תכונות השדה הנשלטות באמצעות תו הבקרה הם:

- הגדרת שדה אלפנומרי (אותיות וספרות) או נומרי,
- בהירות גבוהה או נמוכה בעת התצוגה,
- שדה ״מוגן״ אשר המפעיל אינו יכול להקיש בו נתונים (פלט מהמחשב בלבד),
- מניעת תצוגת נתונים בעת הקשתם (להקשת סיסמה למשל),
- רגישות למגע עט־אור,
- סימון שינוי השדה,

ועוד.

כאשר מפעיל משנה תוכן שדה המוגדר כקלט מסומנת עובדת השינוי באחת הסיביות של תו הבקרה. תכונה זו מאפשרת למחשב לברור לשם קלט רק את השדות שחל בהם שינוי (הוא מזהה אותם לפי כתובתם במאגר המצג).



ציור 7.6: טופס על מרקע מחולק לשדות

מקרא: A – דף ראשון מתוך מספר רב של דפים. הסמן נמצא בקצה השמאלי העליון מתחת למילה FORM.
B – שדה "מוגן" שלא ניתן לכתוב בו.
C – על ידי שימוש בקוים רציפים נראה הטופס המוצג כמו טופס מודפס.
D – הצג יכול לבצע בעצמו בדיקות של הקלט.
E – reverse image

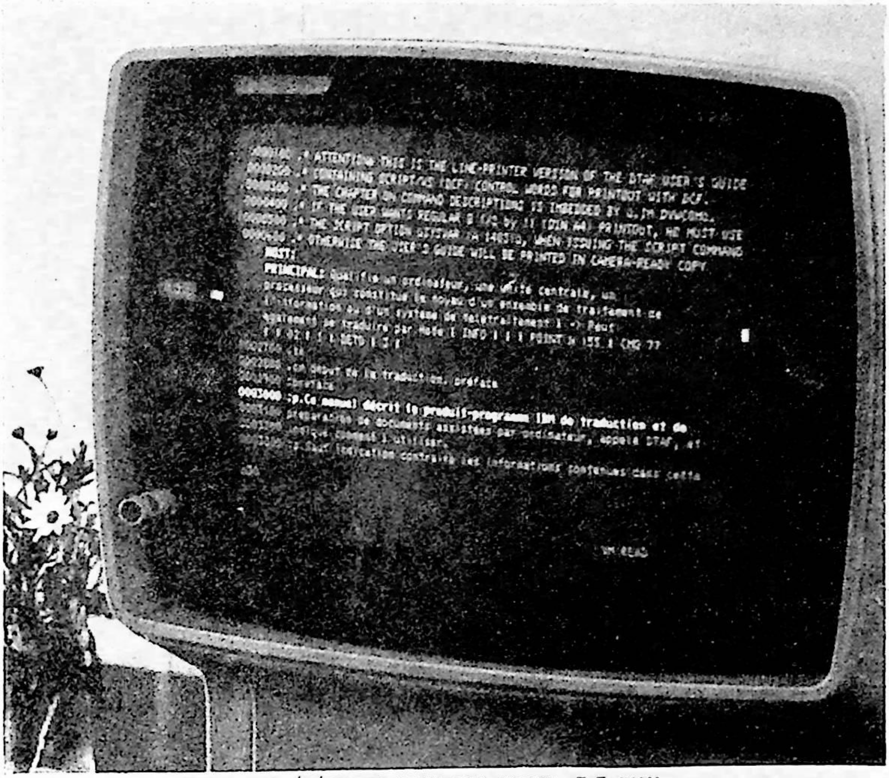
ב. הדגשה לתשומת לב

כדי לאפשר **הדגשת מילים** על המרקע מקובל להשתמש ברמות בהירות שונות, בהפיכת צבע הנתונים והרקע בשדה (Reverse Image), בהבהוב של הנתון בשדה או בצבעים (במצגים בעלי תצוגת צבע). שיטת ההבהוב אינה מקובלת מכיון שהיא מעייפת את המפעיל. שיטה אחרת למשיכת תשומת לב המפעיל היא שימוש באות קולי ("צפצוף") כאשר מוצגת תשדורת חשובה או יוצאת דופן. האותות הקוליים הם אמצעי טוב אך אין להרבות בהם.

ג. הזנת הנתונים

המשתמש או מפעיל המסוף יכולים להזין את הנתונים באופן חופשי ולשדרם לתוכנית המחשב. למעשה ה"חופש" אינו בלתי מוגבל והוא כפוף לכללי הזנת הקלט בהתאם להגדרות קבועות מראש.

כאשר עוסקים בהקלדה שוטפת של נתונים או כאשר בתנועה אחת יש מספר רב של שדות, אפשר לתת הנחיות למשתמש באמצעות טופס. הטופס מוצג על־ידי התוכנית והוא כולל במבנהו את ההנחיות והשדות להזנת הנתונים. המשתמש יכול לבקש מהתוכנית להציג בפניו את תבנית הטופס של הנתונים שברצונו להקיש.



ציור 7.7: מרקע עם שורות תמליל מודגשות



ציור 7.8: טופס מוכן להזנת נתונים

ד. תפריט בחירה

לעיתים משתמשים **בתפריט** (Menu) הנשלח על־ידי התוכנית ומציג על המרקע מספר תשובות אפשריות אשר מתוכן יבחר המפעיל את המתאימה למקרה. התפריט נוח מאד ביישומים שיש בהם מספר רב של טפסי קלט ומסלולי פעולה. התוכנית מציגה תפריט ראשון והמפעיל בוחר את הטופס או את מסלול הפעילות הרצוי לו, מקבל תפריט שני ובוחר בו את הפעילות הנדרשת וכן הלאה עד אשר הוא מקבל את הטופס למילוי. כאשר סיים הוא ממשיך במילוי טפסים באותה קבוצה או עובר לבחירה מחדש בעזרת התפריטים המוצגים בפניו. בחירת האפשרות, או האפשרויות, בתפריט נעשית על־ידי הקשת המספר הצמוד לאפשרות הנבחרת, על־ידי הבאת הסמן ליד השדה והקשת **שלח** או על־ידי שימוש בעט־אור המורה על שדה זה.

```
COMMAND
•                          MENU: NET                        ID
                      NETWORK DESCRIPTION                    •

1. HELP
2. HYDRA
3.
4. PROBLEM  DESCRIPTIONS
5. SOLVER
6. NETWORK DISPLAY

                      NETWORK DESCRIPTION

7. NETWORK  NAME             12. SPRINKLER TYPES
8. PIPES                     13. SPRINKLERS ALLOCATION
9. SOURCES                   14. REDUCTION VALVES
10.PUMP TYPES                15. ONE WAY ELEMENTS
11.PUMP ALLOCATIONS
•
ENTER NUMBER, COMMAND, OR OCL.
```

```
COMMAND
                          MENU: HYDRA                    W7
                WATER DISTRIBUTION NETWORK ANALYZER

1. HELP
2.
3. NETWORK DESCRIPTION
4. PROBLEM DESCRIPTIONS
5. SOLVER
6. CLEAR FILE OF NETWORK AND PROBLEMS
7. LOAD FROM DISKETTE
8. SAVE ON DISKETTE
9. STATUS
10.END OF SESSION

ENTER NUMBER, COMMAND, OR OCL.                          READY
```

בחירה בתפריט NET:

– אפשרות 2 תגרום הצגת תפריט HYDRA

ציור 7.9: תפריטים מנחים

ה. דפדוף

דוגמה נוספת לשירותים הוא ה"דפדוף" בקובץ. מונח זה מתאר פעולה דומה לפעולת אנוש המדפדף בספר. מספר השורות בדף לתצוגה במרקע נקבע מראש, ועל כן "דף" הוא מספר שורות מוצגות מתוך הקובץ. המפעיל יכול לדפדף בקובץ דף לאחר דף, כלומר להציג קבוצות שורות עוקבות בזו אחר זו. הוא יכול לבקש הצגת דף כלשהו מתוך הקובץ ועוד. במצגים משוכללים קיים **מאגר** פנימי אשר קיבולת הנתונים שלו גבוהה מקיבולת המרקע, ולכן הדפדוף יכול להעשות במאגר זה מבלי להתקשר למחשב.

ו. חלוקה לתת־מרקעים

אפשרויות נוספות להפעלת המצג נובעות מתכונותיו, משירות של תוכנית המחשב או שילוב שלהם. דוגמה לכך היא חלוקת המרקע לתת־מרקעים בלתי תלויים. בכל אחד מהם מוצגים נתונים שונים והם מופעלים כמו מרקעים של מצגים פיסיים שונים, כולל הזזת הסמן (סמן אחד משרת את כולם), דפדוף, הזזת נתונים ימינה ושמאלה ולמעלה ולמטה, מחיקה ועוד.

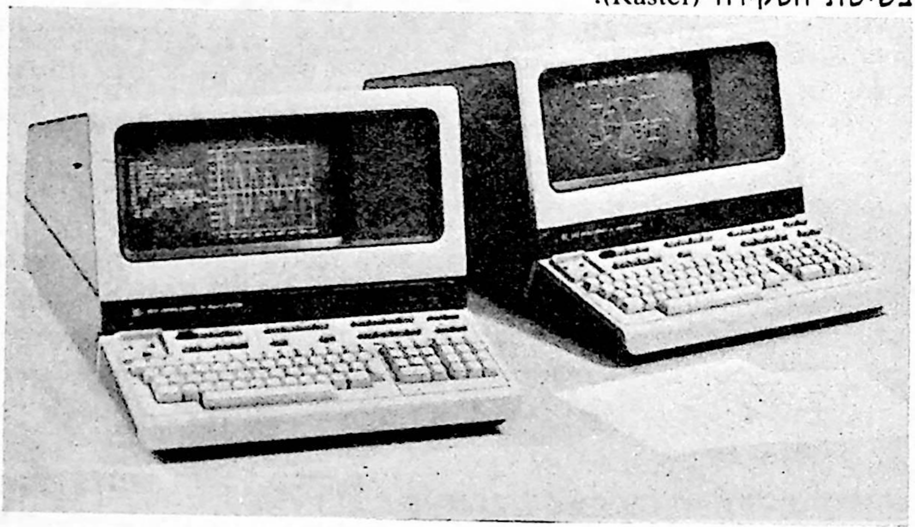


ציור 7.10: מרקע מחולק ל־4 תת־מרקעים במצג יולט־פקרד

מצגים גרפיים

המצגים שדנו בהם עד כה היו מצגים אלפנומריים אשר מכילים מספר קבוע של שורות ותוים בכל שורה, ואוסף מוגדר של תוים הניתנים להצגה. רוחב השורה הינו בדרך כלל בתחום של 80 עד 132 תוים ומספר השורות נע בין 20 ל־40. מצגים מסוג אחר הם המצגים הגרפיים המאפשרים תצוגה גרפית הכוללת גם תוים אלפנומריים.

מצגים גרפיים פועלים בשתי שיטות עיקריות: תצוגה וקטורית ותצוגה בשיטת הסקירה (Raster).



ציור 7.11: מצגים גרפיים של יולט־פקרד

א. תצוגה וקטורית

המרקע של המצג הוקטורי מחולק לקואורדינטות אורך ורוחב אשר מאפשרים סימון של כל נקודה על פניו בעזרת כתובת הקואורדינטות. במרקע בעל הפרדה (Resolution) טובה ישנן 1024 נקודות בכל קואורדינטה, או למעלה ממליון נקודות חיתוך של הקואורדינטות. תמונה כלשהי מורכבת ממספר רב של נקודות אשר משך התמסורת שלהן באפיקי התקשורת הרגילים יכול להמשך זמן רב. לכן השימוש במצגים גרפיים מקובל במערכות תצוגה מקומיות, בהן הצג מחובר ישירות לערוץ קלט־פלט של המחשב, או במערכות תקשורת בקצב תמסורת גבוה.

הצגת קו ישר במצג וקטורי נעשית על־ידי הזזת קרן האלקטרונים של שפופרת הקרן הקתודית מנקודה אחת לשניה. במצג כזה ישנה מגבלה לגודל הקוים המשורטטים בגלל הצורך לחזור על השרטוט כ־30 פעם בשניה כדי למנוע הבהוב בתצוגה.

ב. תצוגת סקירה

במצג הפועל בשיטת הסקירה מחולק המרקע למטריצה של שורות ועמודות. הקרן האלקטרונית סורקת את המסך באופן קבוע משמאל לימין, שורה לאחר שורה ולפי תוכן הנתונים היא מאירה את המרקע. צרוף הנקודות המוארות יוצר את תמונת הנתונים.

בדומה למצג גרפי ישנו **התווין** (Plotter) המשרטט גרפים בשיטת הוקטור או בשיטת הסקירה. בשיטה הוקטורית מוזז עט מנקודה לנקודה, ואילו בשיטת הסקירה קיים מסרק דיו הסורק את הנייר ומתיז דיו בנקודות הרשת השונות. צרוף הנקודות יוצר את תמונת הנתונים.

מצגים ותווינים וקטוריים הם בדרך כלל יקרים ואיטיים יותר מאלו הפועלים בשיטת הסקירה אך הדיוק וההפרדה בהם טובים יותר.

יחידת בקרה למסופים

ניהול התקשורת בין המחשב והמסוף נמצא בשליטתן של שתי יחידות בקרה, האחת נמצאת בצד המחשב, והשניה – בצד המסוף. בנושא יחידת הבקרה לתקשורת אשר בצד המחשב דנו בהרחבה בפרק ו׳. ליחידת הבקרה למסופים תפקידים דומים: שליטה במסוף וניהול התקשורת אל המחשב.

מסוף עצמאי ומקבץ מסופים

כל מסוף צריך להיות קשור אל יחידת בקרה. כאשר יחידת הבקרה מורכבת בתוך התיבה של המסוף עצמו לפנינו **מסוף עצמאי** (Stand Alone). כאשר מסופים אחדים (מצגים ומדפסות) מקבלים שירות מיחידת בקרה אחת, לפנינו **מקבץ מסופים** (Cluster). יחידת הבקרה המשרתת מקבץ יכולה להיות בתיבה נפרדת או מותקנת בתיבה של אחד המסופים, אך היא מותאמת לשרת מסופים אחדים המרוחקים ממנה עשרות או מאות מטרים. שיתוף המסופים בשירותי יחידת בקרה אחת מאפשר להוזיל את המחיר של המקבץ לעומת מחיר מסופים עצמאיים.

במסוף עצמאי החיבור בינו לבין יחידת הבקרה הוא פנימי בתוך התיבה, וכך גם במסוף שמותקנת בו יחידת בקרה למקבץ מסופים. הקשר בין מסופים מרוחקים ליחידת הבקרה נעשה באמצעות כבלים קואכסיאליים המאפשרים שידור במהירות גבוהה מאוד (מאות אלפי תוים בשניה) לעומת מהירות קו תקשורת. אורך הקו הקואכסיאלי ברוב המערכות הוא כ־600 מטרים, אך יכול להגיע עד כ־2000 מטרים.

התקשורת בין המסופים ליחידת הבקרה נעשית במשטר קו מיוחד של יחידת הבקרה.

שליטה במסופים

השליטה של יחידת הבקרה במסוף מתבטאת בעיקר בהעברה של תשדורת ממאגר המסוף אל מאגר יחידת הבקרה ולהיפך, בהתאם לכיוון השידור. (כאשר המסוף עצמאי אין מאגר ביחידת הבקרה שלו). כאשר המפעיל מקיש **שלח**, יחידת הבקרה מזהה זאת באחת משתי דרכים: על־ידי סריקה מחזורית של המסופים הקשורים אליה או על־ידי פסק (Interrupt) שהמסוף שולח אל יחידת הבקרה כשהוא זקוק לשירותיה. כאשר המסוף משדר למחשב, נועלת יחידת הבקרה את המקלדת שלו עד אשר מתקבלת מהמחשב הוראה לשחרר אותה.

תצוגת התוים והדפסתם במסוף נעשית על־ידי **מחולל תוים** (Character Generator) המותקן ביחידת הבקרה. מחולל התוים מפענח את הקוד הבינרי ומציג או גורם להדפסה של תבנית התו המתאים. כאשר המפעיל מקיש במקלדת, מפוענח הקוד לתבנית התו המוצגת במרקע. כדומה, כאשר סדרת תוים בינריים מתקבלת מקו התקשורת היא מפוענחת במחולל התוים לתצוגה המופיעה במרקע.

ניהול התקשורת

התפקידים של יחידת הבקרה למסופים בניהול התקשורת דומים לתפקידים של יחידת הבקרה לתקשורת שבצד המחשב. נסקור בקצרה תפקידים אלו.

א. ניהול משטר קו

יחידת הבקרה פועלת בתמסורת סינכרונית או אסינכרונית בהתאם לאפיון.

יחידת הבקרה תזהה בקליטה ותיצור בשידור את תוי הבקרה של משטר הקו: תוי סינכרון, זיהוי תחילת וסוף תשדורת, אישור קליטה תקינה. אם משטר הקו פועל בשיטת חקירה ומעינה, תהיה זו יחידת הבקרה אשר תזהה את כתובת המסוף ותעביר את התשדורת אל מסוף זה. כאשר מחוברים ליחידת בקרה אחת מספר מסופים, כתובת המעינה היא צירוף של כתובת יחידת הבקרה וכתובת המסוף. בעת חקירה מקובל לשלוח את הכתובת של יחידת הבקרה בלבד, וזו בודקת אם באחד המסופים הקשורים אליה יש תשדורת מוכנה.

כאשר התמסורת אסינכרונית מטפלת יחידת הבקרה ביצירה וזיהוי של סיביות פתח ופסק (Start, Stop). בתמסורת סינכרונית מטפלת יחידת הבקרה בתוי הסינכרון ושומרת על סינכרון התמסורת. היא מקבלת מהמודם את דופק השעון המותקן בו ובהתאם לכך דוגמת את הסיביות.

יחידת הבקרה מחוברת לקו באמצעות מודם חיצוני או מודם פנימי המותקן בתיבה של יחידת הבקרה.

ב. קליטה, שידור אגירה וקיטוע

יחידת הבקרה הופכת תוים לסיביות טוריות לשם שידור בקו התקשורת

ואוספת סיביות לתוים כאשר היא קולטת מקו התקשורת. כדי להעלות את נצילות מערך התקשורת מותקן מאגר ביחידת הבקרה. המאגר מאפשר העברת תכולת מאגר מסוף אחד אל מסוף שני לשם תצוגה במרקע או לשם הדפסה, ללא תיווך של המחשב. המאגר של יחידת הבקרה יכול לשמש לאחסנת בינים של תשדורת המיועדת למחשב ולשחרר את המסוף להכנת תשדורת חדשה במאגר שלו.

מאגרי המצגים מאפשרים אחסנה ותצוגה של כ־2000 תוים (ישנם מצגים עם קיבולת של כ־3500 תוים). העברה של תשדורת באורך זה בקו התקשורת אינה רצויה בגלל הסיכון של שגיאת־קו אשר תגרום שידור מחדש של **כל** התשדורת. לפיכך, קוטעת יחידת הבקרה את תכולת המאגר לתשדורות קצרות בנות 256 תוים למשל ומשדרת אותן בזו אחר זו. כאשר היא קולטת תשדורת מקוטעת היא יודעת לצרף את הקטעים לתשדורת אחת שלימה. פעולה זו קרויה **קיטוע** (Segmentation).

חיבור יחידות בקרה ומסופים אל המחשב

יחידות הבקרה למסופים קשורות למחשב בשני אופנים: בחיבור מקומי (Local) ובחיבור תקשורת (Communication).

חיבור מקומי

חיבור מקומי קיים כאשר יחידת הבקרה קשורה באופן ישיר אל ערוץ המחשב, כפי שמחוברות יחידות קלט־פלט אחרות, ובמרחק שאינו עולה על כמה עשרות מטרים. החיבור המקומי יכול להעשות באמצעות מישק מקבילי או באמצעות מישק טורי.

מישק מקבילי פועל באמצעות כבל רב־גידי, ומאפשר חיבור המסוף במרחק שאינו עולה על 30 מטרים ובמהירות שידור של מאות אלפי תוים בשניה. המישק והכבל הרב־גידי מאפשרים העברה של סיביות התו וסיביות הסינכרון והבקרה במקביל בכל אחד מהסיבים. קיימים מספר תקנים למישק המקבילי: תקן HPIB של **יולט פקרד** (HP) שהפך לתקן התעשיתי ותקן **יבמ** המשמש את כל יחידות קלט־פלט של יבמ ואת יחידות הבקרה למסופים יבמ/3272 ו־יבמ/3274.

כאשר יחידת הבקרה קשורה במרחק גדול מ־30 מטרים מקובל להשתמש **במישק טורי** המאפשר העברת סיביות התו בטור, בזו אחר זו, על גיד אחד. מהירות השידור נמוכה בסדרי גודל לעומת שידור במישק מקבילי. המישק המקובל ביותר הוא לפי תקן EIA RS232 שהינו התקן האמריקאי התואם את התקן האירופי V.24, אשר תואר בפרק ה. תקן אחר הוא X.21 שהינו חדש יותר ובשלב זה מקובל פחות מהתקן הקודם. תאור תקן זה ניתן בפרק י.

במחשבים רבים מקובל לחבר יחידות בקרה הנמצאות בקרבת המחשב

באמצעות מישק טורי כדי לחסוך בעלות החיבור. כאשר מרחק החיבור אינו עולה על כמה עשרות מטרים אין צורך במודם. במרחק גדול יותר יש צורך להשתמש במודם כנהוג בתקשורת. תקן RS232 מגביל את המרחק למחשב ל־15 מטרים, אך במציאות אפשר לעלות על מרחק זה.

חיבור בתקשורת

חיבור בתקשורת פועל בקו נל״ן, בקוי חיוג או בקוים רב־נקודתיים. נושאים אלו נדונו בפרוט בפרק ה. בשיטת חיבור זו דרושים מודמים בשני קצות קו התקשורת.

״מסופים נבונים״

המסוף, כיחידה שלימה הקשורה למחשב, כולל מקלדת להזנת הנתונים (במסוף־מדפסת אין כמובן מקלדת), מערכת תצוגה במרקע או בדפוס ואת יחידת הבקרה. הקשר בין המסופים למחשב נעשה באמצעות יחידת הבקרה המותקנת בתיבת המסוף או בנפרד ועליה מוטלים תפקידים אחדים כפי שהוסבר קודם. תפקידים אחרים בתחום התקשורת עם המסופים הוטלו על יחידת העיבוד המרכזית – המחשב, או על יחידת הבקרה לתקשורת שקשורה למחשב.

התפתחות הטכנולוגיה איפשרה לבנות יחידות בקרה למסופים עם תכונות ושירותים רבים יותר ובמחיר סביר לעומת התועלת שהביאו. ביחידות אלו הותקנו מיקרו־מחשבים אשר איפשרו ביצוע הפעולות הבאות: בדיקת הקלט, איתור תקלות, טיפול בעדיפויות בין מסופים, טיפול באופני פעולה שונים לפי הגדרת המפעיל ועוד.

מערכת לעיבוד נתונים מבוזר

הרחבת תחום התפקידים של יחידת הבקרה באמצעות יחידת העיבוד שהותקנה בה הביאה למעשה למצב שיחידת הבקרה ה״נבונה״ (Intelligent) הפכה **למערכת לעיבוד נתונים מבוזר** DDP (Distributed Data Processing).
המאפיינים הבולטים של יחידת הבקרה ה״נבונה״ או מערכת עיבוד נתונים מבוזר הם:

- יכולת תכנות,
- יכולת עיבוד עצמאי גם ללא קשר למחשב המרכזי,
- חיבור מצע מגנטי (דיסק, סרט וכד׳),
- חיבור מסופים שונים כיחידות קלט ופלט.

האבחנה של מערכת עיבוד נתונים מבוזר אינה חד־משמעית. יש ההמסתפקים

במסוף אשר מאפשר עריכת הקלט, אחסנה במצע מגנטי ושידור למחשב. אחרים דורשים שיחידת הבקרה והמסופים הקשורים אליה יוכלו לבצע יישום משמעותי, כמו ניהול משרד, ניהול סניף בנק, ניהול מחסן ועוד. יתרונות השימוש במערכות לעיבוד נתונים מבוזר הם זמן תגובה קצר יותר וזמינות גבוהה יותר.

זמן תגובה קצר אפשר להשיג מכיון שאין צורך בתמסורת נתונים בקוי תקשורת עבור חלק ניכר מהתשדורות. אמצעי החישוב והאחסנה המקומיים במערכת המבוזרת עונים על רוב דרישות המשתמשים ורק בחלק מהמקרים דרושה פנייה אל המחשב המרכזי. פשטות היישומים והקבצים במחשב המרוחק תורמים גם הם לזמן תגובה קצר.

התקשורת למחשב המרכזי דרושה לשם שמירת קבצים מרכזיים לשימוש הנהלת הארגון ושלוחותיו, ביצוע עיבודים משולבים של נתוני הארגון כולו, העברת מידע בין שלוחות הארגון ועוד. העברת נפחי נתונים מהמערכת המבוזרת אל המחשב המרכזי וממנו לשם עדכון הקבצים יכול להעשות בסיום יום העבודה.

זמינות גבוהה מושגת מכיון שנפילת קו, מודם, חוליית תקשורת כלשהי ואף נפילת המחשב המרכזי אינה מנתקת את המשתמש ממערכת המידע שלו. כאשר אחת מהמערכות המבוזרות מושבתת מסיבה כלשהי אין הדבר גורם לשיתוק המערכת השלימה.

לנושא עיבוד הנתונים המבוזר הוקדש פרק יא.

שיקולי הנדסת אנוש בהפעלת מסופים

בתיאור המצג נדונו מספר נושאים הקשורים בהנדסת אנוש: פשטות ונוחות הפעלה, תמונה יציבה, צבעים נוחים, מקלדת תפקודית, משיכת תשומת לב המפעיל לתצוגה ועוד. בהמשך נציג מספר נושאים נוספים: שיקולי זמן תגובה, שפת ה"שיחה" ובטיחות מידע.

זמן תגובה

במערכות הידברותיות מצפה המשתמש במסוף לזמן תגובה בתחום של 2 עד 5 שניות. זמן תגובה של 2 שניות אינו קוטע את חוט המחשבה ומאפשר לו עבודה רצופה. בזמן תגובה של 5 שניות נדרשת מהמפעיל רמת ריכוז גבוהה יותר כאשר הוא עוסק בענין אחד לאורך זמן. לא כן הדבר בתהליך הזנת נתונים למשל, שבו כל תנועה הינה יחידת עבודה נפרדת או כאשר יש שאילתות בנושאים בלתי תלויים.

זמן תגובה גבוה מ־5 שניות אינו מתאים בדרך כלל ליישומים הידברותיים, ומקובל לנקוב בזמן של כ־15 שניות כגבול יכולת המפעיל לשמור על קו מחשבה רצוף. לעיתים, משיקולים של משטר קו, זמן עיבוד או עומס בלתי צפוי לא ניתן

להגיע לזמן התגובה המתוכנן. במקרים אלו נוהגים לתת למשתמש במסוף תשובת ביניים, כמו "הקלט תקין". לעיתים נותנים הודעה כלשהי, כמו "הואל נא להמתין שניות אחדות", או "השאילתה בעיבוד". לאחר פרק זמן נוסף נותנים שוב הודעה אם טרם התקבל הפלט הסופי הנדרש.

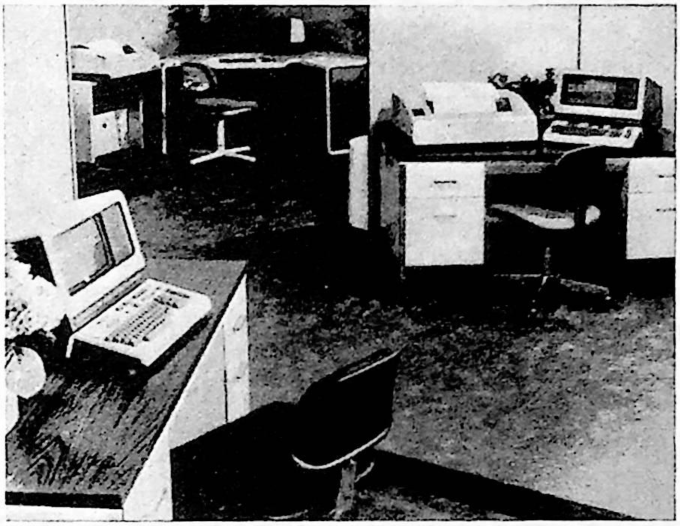


ציור 7.12: בעיית "זמן התגובה"

זמן התגובה נמדד בדרך כלל מרגע ההקשה על מקש **שלח** ועד אשר התו הראשון של התשובה מתקבל במרקע. זמן התגובה מורכב משלוש יחידות זמן:

- **זמן התמסורת** של התשדורת למחשב וזמן התמסורת של התשובה או תגובת המחשב. הזמן מחושב לפי אורך התשדורות מחולק במהירות השידור בקו.
- **זמן משטר קו** הוא הזמן הנדרש לביצוע היפוכי כיוון השידור. במשטר קו BSC נדרשים 4 היפוכי כיוון כאשר התגובה מיידית, ובמקרים אחרים ידרשו עד 9 היפוכים. במשטר SDLC יש מספר קטן יותר של היפוכי כיוון שידור. הקטנת משך זמן היפוך כיוון השידור הינה תרומה חשובה לשיפור זמן התגובה. המודם קובע את משך הזמן הזה.
- **זמן העיבוד** הוא פרק הזמן הנדרש למחשב להגיב על התשדורת שקיבל. התגובה יכולה להיות אישור על קבלת התשדורת או הודעה למשתמש לאחר

בדיקת הנתונים. תגובה מורכבת יותר תהיה תשובה מלאה לאחר חישוב, איחזור נתונים, עדכון קבצים וכד'. משך הזמן הנדרש להכנת התשובה לשידור שונה בכל מקרה. חשוב לתכנן תהליכי עיבוד שיאפשרו קבלת משכי זמן קצרים גם בעת עומס בלתי צפוי.



ציור 7.13: תחנות עבודה – מצגים ומדפסות

שפת השיחה

ההידברות, או השיחה, בין המפעיל ליישום מתנהלת לפי כללים מוגדרים ומתוכנתים בתוכנית היישום. **השפה הטבעית** ביותר היא שפת האדם. הבעיה היא שמשפטים בשפה זו אינם חד־משמעיים וקשה לתכנת בה יישומים. יותר ויותר יישומים נכתבים כיום עבור "שיחה" בשפה הקרובה לטבעית כאשר אוצר המילים בקלט מוגדר מראש והמשפטים נבנים באמצעות מילות קשר מוגדרות כמו "או" ו־"גם" שנותנות להם מבנה מתמטי. בפלט ניתנות התשובות בשפה חופשית יותר ונוחה להבנה על־ידי המפעיל.

יישומים פשוטים יותר נכתבים תוך שימוש ב**מילות־מפתח** מוגדרות. מילות המפתח מגדירות את סוג התנועה, סוג הפעולה המבוקשת וכד'. גם במקרה זה מקובל להשתמש במילות המפתח לצורך הקלט ובמשפטים פשוטים ומובנים בפלט.

השפה הפשוטה יותר ליישום בתכנות אבל הקשה ביותר למפעיל היא **שפת קודים** שקרובה לשפת תכנות, אשר בה גם הקלט וגם הפלט ערוכים בצורה מתומצתת וקצרה. במקרים אלה, כאשר המפעיל שוגה בקלט, תשלח לו התוכנית קוד שגיאה ויהיה עליו לאתר במסמך כלשהו את פירושו של הקוד. מסיבה זו מתאימה שיטת הקודים למפעילים מיומנים בלבד. השימוש בשיטה זו

מקובל בדרך כלל במחשבים קטנים עם תוכניות יישום קומפקטיות, שבהן הצורך בחסכון בזכרון המחשב הוא מרכיב קובע בתכנון.

פשרה בין הצורך בשפה טבעית לבין הקושי לכתוב תוכנית שתטפל בה נמצא **בשיטת ההדרכה** הניתנת למפעיל. נוהל השיחה כולל הוראות למפעיל להזין נתונים או להציג את השאילתה, ולרוב עליו לבחור אחת מבין מספר אפשרויות המוצגות בפניו. התשובה ניתנת בדרך כלל בקוד, במספר או במילה מוגדרת חד־משמעית.

שלב נוסף הינו מיסוד שיטת ההנחייה והצגת האפשרויות לבחירה, זוהי שיטת **התפריטים ההירככיים**. המפעיל בוחר אפשרות מסויימת בתפריט הראשון. בתשובה מוצג בפניו תפריט חדש ובו מספר אפשרויות נוספות אשר בחירת אחת מהן יכולה לגרום הצגת תפריט נוסף או מעבר לתהליך עיבוד כלשהו.

סיוע המחשב להזנת נתונים כקלט או כשאילתה וכדומה ניתן בשיטת **הטפסים**. המפעיל מציג את בקשתו וכתשובה הוא מקבל מבנה טופס ריק אשר עליו למלא. לעיתים כולל הטופס גם הנחיות או הכוונה למילוי.

לעיתים מתקשה המפעיל במילוי שדה מסויים בטופס או בתשובה לשאלה בתפריט, או שהקוד לא ברור לו. הוא יכול לפנות לספרות הרלוונטית ולחפש בה את התשובה, אך דרך זו אינה מתאימה לעקרונות עיבוד הנתונים בהידברות. במקרה זה, על המפעיל לבקש עזרה (Help) על־ידי הקשת קוד מוגדר, או שעליו להשתמש באחד מהמקשים הפונקציונליים המוגדרים למטרה זו. בתשובה יקבל על המרקע הסבר מפורט בענין ששאל: הסבר על משמעות השדה ואופן מתן התשובה או בחירת התשובה מבין כמה אפשרויות מוגדרות. הקשה נוספת תחזיר אותו אל תהליך העבודה שהופסק.

בתהליך ההידברות ממלאים **המקשים הפונקציונליים** תפקיד חשוב. הם חוסכים את ההקשה המפורטת של הבקשה. בהיותם "מתוכננים" אפשר לתת להם משמעות שונה בכל תוכנית. ביישום אחד תגרום הקשה של מקש מס' 1 לפעולת דפדוף, בעוד שביישום שני תגרום פעולה זו להצגת הסבר של השדה שהסמן מצביע עליו. תפקיד המַקשים הפונקציונליים יכול להשתנות ללא מגבלה למעשה בכל תצוגה ותצוגה. חשוב עם זאת לשמור על עקביות בתפקידי המקשים. מקובל להשתמש בשורה התחתונה המוצגת במרקע לשם תיאור התפקידים של המקשים הפונקציונליים הרלוונטיים.

אחת הבעיות בשימוש בשפת שיחה טבעית, בתפריטים ובטפסים ובשירותי עזרה היא כמות הנתונים שמועברים בקוי תקשורת עבור שירותים אלה. כמות זו גורמת להעמסת הקוים ועל־ידי כך מפחיתה את יכולת השימוש בקוים רב־נקודתיים, או מקטינה את מספר המסופים שאפשר לחבר על קו אחד. פתרון אפשרי הוא העלאת מהירות הקו. כפתרון לבעיה זו מוצעים כיום מסופים "אינטליגנטיים" בעלי יכולת תכנות ויחידות בקרה מתוחכמות. הם מבצעים, בלי התערבות המחשב המרכזי, פעולות כגון הדרכת המפעיל, שליחת תפריטים וטפסים, בדיקות קלט ועוד. בנושא זה נדון בפרק על עיבוד נתונים מבוזר.

בטחון נתונים

המסופים מותקנים באתרים שונים בארגון: במשרדים, במחסנים, באולמות הייצור, בשערי הכניסה ולעיתים אף במקומות שאינם נשלטים ברציפות על־ידי עובדים מוסמכים. לכן, עלולה להיות חשיפה של שימוש בלתי מורשה על־ידי גורמים לא מוסמכים במשאבי עיבוד הנתונים של הארגון ודליית מידע מקבצים עד כדי גרימת נזק חמור.

בנושא זה נדון בהרחבה בפרק הדן במערכות עיבוד נתונים מבוזרות. כדי להשלים את הדיון במסופים נציג את העזרים והכלים המסייעים לבטחון המידע כאשר משתמשים במסופים:

– **מפתח.** המפתח מאפשר נעילת המסוף. משמעותו מניעת אפשרות השימוש במקלדת ומניעת אפשרות חיבור לקו.

– **זיהוי אישי** (User ID) הינו צירוף של תוים המוכרים לתוכנית ומאפשרים למפעיל להשתמש במסוף. המפעיל יכול להקיש אותם או להשתמש **בכרטיס זיהוי מגנטי.** במקרה האחרון קיים במסוף קורא כרטיסים מגנטי המשמש לקריאת כרטיס הזיהוי. התוכנית מגיבה על קליטת תוי הזיהוי בהמשך ההידברות עם המשתמש או ב"נעילת" המסוף.

– **סיסמה** (Password) משמשת לזיהוי נוסף של המשתמש. במצגים קיימת אפשרות לגרום לכך שהתוים של הסיסמה לא יוצגו במרקע, באמצעות ציון מתאים בתו הבקרה של השדה.

– **הצפנה** של הנתונים מיועדת להגן על הנתונים המשודרים בקוים. ההצפנה יכולה להתבצע על־ידי חומרה (מודמים הכוללים מצפנים פנימיים או מצפנים הקשורים ליד המודמים) או על־ידי תוכנה. התוכנה להצפנה מותקנת במחשב או ביחידת הבקרה לתקשורת וביחידת הבקרה של המסופים או במסוף (אם יש ליחידת הבקרה או למסוף אפשרות תכנות).



שימוש בעט־אור

פרק ח':

תוכנה במערכת עיבוד בתקשורת

מערכת ההפעלה ושירותיה

חברות המחשבים מספקות יחד עם המחשב מערכת תוכניות שירות המיועדות לניהול, פיקוח ובקרה של תוכניות היישומים ושל זרימת הנתונים בין יחידת העיבוד המרכזית וציוד קלט ופלט לסוגיו. לקבוצת תוכניות שירות אלו שמות שונים: Operating System, Monitor, Supervisor. בעברית מקובל לכנות אותן בשם כולל **מערכת הפעלה.**

תוכנית הבקרה

החלק המרכזי במערכת ההפעלה הוא תוכנית הבקרה (Control Program) אשר נטענת למחשב במכוון על ידי המפעיל כאשר הוא מתחיל את פעולת המחשב. התוכנית נטענת מספרית התוכניות של מערכת ההפעלה הנמצאת בדיסק מגנטי. מכאן ואילך מועבר אליה ניהול פעולת המחשב אולם היא נמצאת כל הזמן בשליטת המפעיל – האדם. כאשר תוכנית הבקרה פועלת, היא טוענת לזכרון תוכניות שירות שונות אשר נדרשות במהלך ביצוע פעולות הבקרה והשליטה על עבודת המחשב.

אחד התפקידים החשובים של מערכת ההפעלה הוא הפיקוח על הפעלה רצופה של העבודות במחשב. כאשר התוכנית הדרושה נמצאת בזכרון מועבר אליה הפיקוח לביצוע העיבוד, וכאשר נדרש – היא נטענת מספריית התוכניות אל זכרון המחשב.

שירות חשוב של מערכת ההפעלה הוא פיקוח ותאום פעולות קלט ופלט. העברת הנתונים בין יחידות קלט ופלט לסוגיהן השונים, דיסק, סרט מגנטי, אפיק תקשורת, מדפסת וכד' כרוכה בפעולות תיאום רבות. תחילתן ביצירת הקשר אל יחידת קלט־פלט כאשר מופיעה בתוכנית הוראה לקריאה או כתיבה. אם הקשר נוצר (אלקטרונית) יכולים הנתונים לעבור. יש צורך לפקח על כמות הנתונים שעוברים בהתאם להוראות התוכנית ולבצע בדיקת אמינות העברה –

כלומר, אם יש שגיאות, אם לאו.

שירות אחר של מערכת ההפעלה מכוון להפעלה של תוכניות אחדות במקביל בשיטת תכנות מרובב (Multi-programming). הקצאת השירותים לכל תוכנית לפי סדר עדיפות נעשה על־ידי מערכת ההפעלה.

תוכנית הבקרה חייבת לנהל תורי פעילות שונים בעדיפויות שונות, לטפל במאורעות שתלויים בזמן על ידי הפעלת תוכניות בפרקי זמן קבועים, להקצות מאגרי זכרון (Buffers) לצורכי קלט ופלט והתוכניות, לטפל בתקלות חומרה ותוכנה ולטפל בפסקים (Interrupts). שירות נוסף הוא השמירה על קבצי תוכניות וקבצי הנתונים ועל המסופים מפני פעילות לא מורשית אשר עלולה לחשוף אותם או לפגוע בהם. הגנה זו נעשית באמצעות **סיסמה** (Password) אשר משתמש או תוכנית מציגים למערכת ההפעלה ולתוכנית היישום כדי שיתירו את התחלת הקשר.

ספרית תוכניות סטנדרטיות במחשב עשויה לכלול מהדרים (Compilers) לשפות תכנות שונות, תוכניות מיון, תוכניות סטטיסטיות, תוכניות סימולציה ועוד. תוכניות אלו נמצאות בספריות תוכניות יישומים או בספריות מיוחדות כפי שנדרש על ידי יצרן המחשב.

יצירת מערכת הפעלה

מגוון השירותים והאפשרויות בכל אחד בהם לפעולה ולתגובה במצבים חריגים יכול לגרום אחזקת תוכנית ענק שחלקים ממנה לא ידרשו כלל או לעיתים רחוקות בלבד. לשם כך יוצרים מערכת הפעלה (System Generation) המותאמת לדרישות של כל מתקן ומתקן. ה"יצירה" היא תהליך שתחילתו בהגדרת פרמטרים של הדרישות, והידור שתוצאתו תוכנית מותאמת לדרישות. חלקה של התוכנית ימצא בזכרון המחשב אך חלקים ממנה ימצאו בדיסק ויטענו כפי הצורך לזכרון המחשב (למשל תוכנית הטיפול במצבים חריגים). תוכנה שאינה נדרשת אינה כלולה במערכת ההפעלה.

כך המצב במערכות ההפעלה במחשבים גדולים ובינוניים. במחשבים קטנים מגוון השירותים שהמחשב יכול לספק בו זמנית קטן יותר ואילוצי זכרון ותחולת דיסק גדולים יותר. לפיכך, יצירת מערכת ההפעלה או תוכנית הבקרה למשימה מסויימת מוגדרת מחייבת לעיתים בחינה מדוקדקת יותר של הפרמטרים של הדרישות.

במחשבים זעירים מספק היצרן לעיתים רק תוכנית בקרה בסיסית עם שירותים מינימליים. על המשתמש לכתוב בעצמו את התוכנה לביצוע הפונקציות הנדרשות על ידו לניהול המערכת כאשר הוא נעזר למטרה זו בתוכנה בסיסית המסופקת לו על ידי יצרן המחשב. המגמה המסתמנת כיום הינה להשתמש גם במחשבים זעירים במודולים סטנדרטיים של תוכנה כדי לחסוך במשאבים הנדרשים לבניית מערכת התוכנה.

השימוש בתוכנה סטנדרטית נותנת למשתמש דרגות חופש נוספות בשינוי

מערך החומרה, משטרי קו ושיטות עיבוד מבלי שיצטרך לתכנת מחדש. הגדרת פרמטרים "תגזור" מן התוכנה הסטנדרטית את המודולים הנדרשים עבורו.

התוכנה המבצעת את עיבוד הנתונים של המשתמש ואשר אינה כלולה במערכת ההפעלה קרויה **תוכנת יישומים** (Application Program).

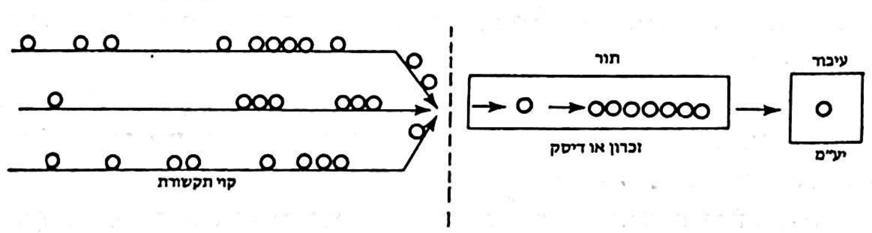
תוכנה לניהול תקשורת

קבוצת תוכניות נוספת במערכת היא התוכנה לניהול רשת התקשורת. תוכנה זו מבצעת פעולות קלט ופלט של קוי התקשורת, ניהול העדיפויות, טיפול בשגיאות ותקלות ועוד. במחשב זעיר שייכת תוכנה זו למכלול התוכנה של מערכת ההפעלה. במחשבים קטנים וגדולים יותר ישנה הפרדה בין התוכנה של מערכת ההפעלה לבין תוכנת ניהול התקשורת. ההפרדה יכולה להיות במחשב המרכזי בלבד ובמקרים אחרים יכולה תוכנת ניהול הרשת להתפצל בין רכיבים שונים של המערכת: במחשב המרכזי, ביחידת הבקרה, במסוף או במחשב לעיבוד נתונים מבוזר.

מאפיינים של תוכנה לניהול תקשורת

אחד המאפיינים של תוכנה לתקשורת לעומת תוכנה לעיבוד באצווה הינו גורם הזמן. חלק מהפעולות של התוכנה חייבים להתבצע בזמן קצוב, כאשר הקושי העומד בפני התוכנה היא העובדה שלא ניתן לצפות מראש מה יהיה הסדר המדויק של האירועים.

כונן סרט למשל אינו יכול לפעול מעצמו, אלא כאשר קיבל הוראה לקריאה, כתיבה או גלגול. כאשר כונן דיסק סיים פעולת קריאה או כתיבה הוא מודיע על כך למערכת ההפעלה אשר רושמת עובדה זו. כאשר תוכנית היישום מוכנה



ציור 8.1: אקראיות מופע התשדורות ותהליך יצירת התור

להשתמש בנתונים או להמשיך לכתוב היא בודקת אם התקבלה הודעה מהכונן ופועלת בהתאם. בהתאם לצורך היא נותנת הוראת קריאה או כתיבה נוספת.

במערכת תקשורת צריכה התוכנית להיות **מוכנה תמיד** לקלוט תשדורת מיחידות רבות ושונות ולספק להן תשובות בפרק זמן מזערי כפי שנקבע לאותו יישום (במערכת שיתוף זמן – שניות אחדות).

מאפיין אחר של תוכנה לניהול תקשורת הוא מגוון הפעולות המבוצעות בו־זמנית: קריאה ממסוף כלשהו מתבצעת במקביל עם קריאה או כתיבה במסופים אחרים, עם קריאה וכתיבה בתקליטים מגנטיים, עיבוד תשדורות שונות על ידי תוכניות יישום שונות ועוד.

המרכיבים הבעייתיים או שעלולים להיות כאלה, רבים במערכת תקשורת מאשר במערכת עיבוד באצווה. הסיבה העיקרית לכך הינה העובדה שהציוד לקלט ולפלט אינו נמצא בחדר המחשב ובשליטת מפעיל המחשב. הפיזור הגיאוגרפי, מגוון הרכיבים והשליטה של גורמים שונים על הרשת (קוי דואר, מסופים, מודמים, יחידות בקרה ועוד) יכולים להיות מקור לתקלות בלתי צפויות ובלתי נשלטות לעיתים.

תפקידי התוכנה לניהול רשת התקשורת הינם מגוונים למדי. לכאורה אין הם שונים מתפקידי התוכנה לניהול קלט־פלט בדיסקים למשל, אך במהותם יש הבדל גדול כפי שציינו קודם:

- נצול אופטימלי של משאבי המערכת (חומרה, תוכנה, נתונים ואנשים),
- פתיחה וסגירה של רשת התקשורת,
- ניהול ובקרה של רשת התקשורת,
- טיפול בתקלות,
- ניהול קלט־עיבוד־פלט,
- טיפול במאגרים ובתורים,
- טיפול בנושאי בטיחות נתונים, שיחזור וגיבוי.

נדון עתה בכל אחד מתפקידים אלו.

ניצול אופטימלי של משאבי המערכת

תכנון מערכת עיבוד בתקשורת מנסה לתת פתרון אופטימלי של ניצול משאבי המערכת. האופטימיזציה מתבצעת בבחירת החומרה (סוג המחשב, יחידת הבקרה, המסופים והקוים), בשיטת ניהול התקשורת מבחינת משטר הקו, השימוש במרכזות, חיבורים רב־נקודתיים, ובתיכון (Design) תוכניות היישום להשגת יעילות מירבית של שימוש במשאבי המחשב ונוחות העבודה של מפעילי המסופים. כל זה נעשה תוך התחשבות במגבלות של זמני תגובה, זכרון נדרש במרכיבים השונים של המערכת, זמני גישה לקבצים, מורכבות התכנות ועוד.

תכנות מרובב (Multi-programming) תומך בניצול יעיל של היע"מ על ידי הפעלת מספר תוכניות במקביל, הקצאה דינמית של זכרון ופעולות אחרות הקשורות בקלט ובפלט המסופים.

פתיחה וסגירה של רשת התקשורת

פתיחה וסגירה של רשת התקשורת הינן פעולות הדורשות תכנון מדוקדק. בעת פתיחת הרשת על המערכת לבדוק את תקינותו של כל מסוף ולהודיע למפעיל התקשורת על תקלות שהתגלו. בפתיחת הרשת נערכת בדיקה של תקינות הקשר עם כל מסוף על ידי שידור הודעה "ברוכים הבאים למערכת" למשל, וקבלת תשובת המסוף המאשרת את תקינותו. ביצוע פעילות זו לגבי רשת ענפה תטיל עומס כבד על המחשב ועל כן יש לתכנן הפעלה הדרגתית של הרשת.

בעת פעולת הרשת עלולות להתגלות תקלות רבות שתגרומנה להפעלה של תהליכי התגברות והתאוששות ולהודעות רבות למפעיל הרשת, דבר שמטיל עומס נוסף על המחשב ועל המפעיל.

סגירת הרשת מתבצעת בסוף יום העבודה, בסוף שבוע או כאשר מתבצעת פעולת אחזקה לחומרה ולתוכנה. בעת סגירת הרשת על המערכת לבדוק שכל התנועות שהגיעו מהמסופים נקלטו ושהפלט שנשלח מהמחשב הגיע ליעדו. על המערכת להודיע לכל המסופים שהם עומדים להסגר ושעליהם להפסיק את משלוח הקלט. יש לסיים את משלוח הפלט שהצטבר בתורים, לסגור את הקבצים ולבנות רשימות מיוחדות כמו סיכומי תעבורה, סיכומי תקלות שמירת נתוני **מבדק** (Check-point) לשם ביצוע **שיקום** (Recovery) או **מחזר** (Restart) לאחר הפסקה מתוכננת או הפסקה שאינה מתוכננת.

ניהול ובקרה של רשת התקשורת

ניהול ובקרה של הרשת הם התפקידים העיקרים של מערכת התוכנה והם כוללים את הפעילויות הבאות:

א. שידור וקליטה של תשדורות. תפקיד זה הינו אוסף מגוון של פעילויות אשר שונות ממערכת למערכת. להמחשת הנושא נמנה כמה מהן:
בנית תוי הבקרה הדרושים למשטר הקו; חלוקת התשדורות לגושים בעת השידור (במידה והמסוף דורש זאת) ואיסוף הגושים לתשדורת בקליטה; התאמת קצב הפלט ליכולת הקליטה של המסוף; עריכת הפלט על ידי הוספת תוי פיקוח המתאימים למסוף שאליו מיועד הפלט (קצב השידור ותוי הפיקוח שונים עבור צג ועבור מדפסת). לעיתים נדרשות פעולות נוספות: תרגום מהקוד בו מוצגים הנתונים במחשב לקוד בו הם מוצגים במסוף, או עריכת הקלט שמגיע ממקורות שונים במבנים שונים למבנה אחיד המועבר לתוכנית העיבוד.

ב. ניהול משטר הקו. במערכת אחת יכולים להיות קוים הפועלים במשטרי קו שונים. על המערכת לנהל עבור כל אחד מהקוים את משטר הקו ולבדוק שהמסופים מתנהגים לפי הכללים של משטר הקו. כאשר הקו הוא בחיוג תטפל

המערכת בבעיות החיוג, קבלת שיחה וכד׳. המערכת צריכה לדאוג לכך שמסופים שונים שמחוברים לקו אחד יקבלו שירות שווה מבלי שמסוף אחד ישתלט על הקו.

ג. **ניתוב.** כאשר המערכת מטפלת ברשת תקשורת בה קיימים נתיבים שונים בין מסופים, עליה לנתב את התשדורות בנתיבים אלה לפי כללי הניתוב של המערכת. ישנן מערכות המספקות שירותים של ניתוב אלטרנטיבי כאשר הנתיב הראשי יוצא מכלל פעולה, וישנן מערכות שמבזרות את התשדורות בין הנתיבים תוך ויסות העומס בהם.

ד. **יצירת קשר בין מסופים לתוכניות יישום.** ישנן מערכות בהן לכל תוכנית יישום קשורים מסופים המיועדים לפעול אתה באופן קבוע. ישנן מערכות בהן ניתן מכל מסוף להתקשר לכל תוכנית יישום, לפיכך יש ליצור את הקשר מדי פעם לפי הוראת מפעיל המסוף.

ה. **הפעלת הרשת.** במערכות תקשורת גדולות הונהג תפקיד של מפעיל הרשת. תפקידו לטפל בבעיות התקשורת החריגות הדורשות התערבות אנוש. מערכת התוכנה מסייעת למפעיל על ידי שירותי הפעלה שונים ושירותי מידע כמו פקודות להפעלת קוים ומסופים, אפשרות הצגה של מצב הפעילות של כל רכיב ברשת, נתונים לאיתור תקלות ברשת, סטיסטיקות שונות לגבי כמויות תעבורה, אחוז שגיאות, ניצול משאבים וכד׳.

ו. **טיפול בעדיפויות.** כאשר קיימות דרגות עדיפות שונות לתשדורות, על המערכת לדאוג לכך שהרכיבים השונים של הרשת ינהגו לפי דרגות עדיפות אלו.

טיפול בתקלות

האופי המורכב של מערכת תקשורת וריבוי הרכיבים הרגישים מחייבים תשומת לב מיוחדת לטיפול בתקלות. סוגי התקלות רבים וכוללים: שגיאות קו, שגיאת ניתוב, שגיאת הפעלה, שגיאת תכנות, אובדן תשדורות, תקלות בחומרה ועוד. הסימן החיצוני של חלק מהתקלות נראה דומה, כי למשל זמן תגובה ארוך מהרגיל יכול לנבוע משגיאות קו רבות שמחייבות שידור חוזר, או מתקלה בציוד, או משגיאת תכנות שאינה לוקחת בחשבון מצב מיוחד.

אחת מבעיות ההפעלה היא איתור מקור התקלה ויצירת נוהלי תיקון מתאימים, אוטומטיים או ידניים. במערכות תקשורת מתוחכמות יש למפעיל המערכת כלים אוטומטיים לטיפול בתקלות על ידי הצגת הודעות התרעה כאשר עולה אחוז שגיאות הקו על סף נתון וכאשר נתיב יוצא מכלל פעולה. בנוסף יש כלים לבדיקת מסופים, מודמים וקוים מבלי להשבית את פעולת המערכת. ישנה אפשרות לאסוף נתונים על תקלות לפי סוגיהן, לאפשר הגדרה דינמית של קונפיגורציות גיבוי והפעלתן במידת הצורך.

ניהול קלט־עיבוד־פלט במקביל

תנועות מגיעות למחשב ממסופים שונים וכל תנועה עשויה לדרוש עיבוד מסוג שונה. בנקודת זמן כלשהי תמצאנה בזכרון המחשב תנועות שונות בשלבי טיפול ועיבוד שונים, החל מקליטה למאגר הקלט בזכרון, עדכון קובץ, וכלה ביצירת פלט ושידורו לקו. כל תנועה עוברת את תהליך העיבוד המותאם לה, ללא תלות בשלבים בו נמצאות תנועות אחרות. התוכנה לתקשורת מפקחת על ביצוע תהליך העיבוד לכל תנועה על ידי הפעלת תוכנית מתאימה בכל שלב עיבוד. התוכנית הפועלת בשלב עיבוד מסויים קרויה **משימה** (Task), וההפעלה במקביל של כל התוכניות האלו נקראת **עיבוד רב־משימות**(Multi-Tasking). כל המשימות פועלות במסגרת תוכנית אחת כוללת.

שלבי העיבוד הבאים עשויים להתקיים עבור כל תנועה:

ניתוח התנועה,

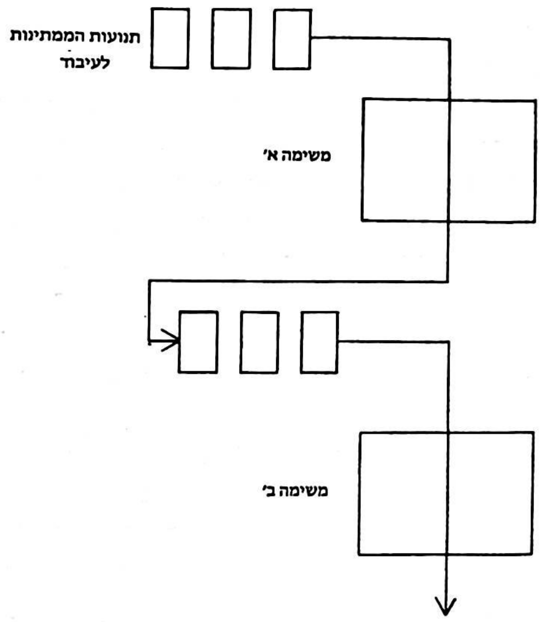
- הקצאת זכרון לאחסון התנועה והתוכנית שתטפל בה,
- קריאה למשימה לעיבוד ראשוני,
- קריאה וכתיבה לקבצים,
- הפעלת משימה נוספת לאחר סיום פעולת קלט־פלט בקבצים,
- יצירת פלט למסוף,
- רישום התנועה ביומן התנועות לצרכי שחזור במקרה של תקלה,
- שחרור מאגרי הקלט והקצאת מאגרי זכרון לפלט,
- עריכת הפלט לשידור,
- שידור הפלט למסוף,
- שחרור מאגרי הפלט.

תוכניתן המתכנת משימה ישאף לכך שעותק אחד שלה הנמצא בזכרון ישמש מספר בלתי מוגבל של תנועות מבלי שיהיה צורך לטעון אותו מספריית התוכניות עבור כל תנועה. אפשר לעשות זאת בשתי צורות:

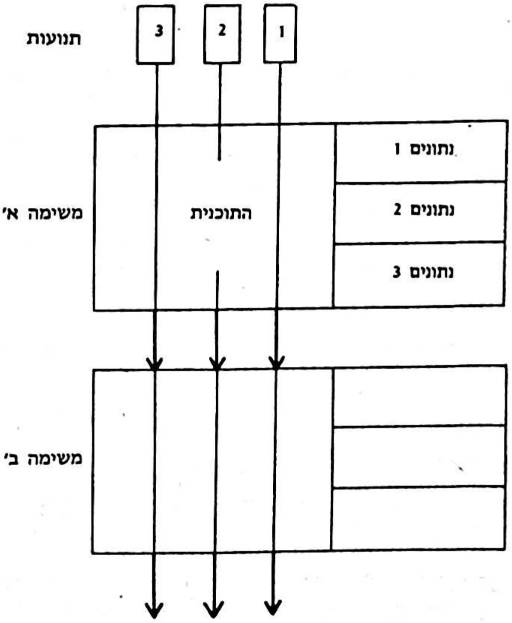
- משימה לעיבוד בטור (Serially Reusable)
- משימה רבת־משתמשים (Reentrant)

במקרה הראשון, כאשר המשימה מעבדת תנועה אחת, כל התנועות האחרות המחכות לעיבוד זה תכנסנה לתור. בשיטה זו משתמשים במשימות הפועלות עם קבצים, כדי למנוע עדכון בו־זמני של רשומת קובץ על ידי שתי תנועות או יותר. משימה כזו פשוטה לתכנות אך התורים הנוצרים למשימה זו עלולים להוריד את יעילות המערכת.

משימה רבת־משתמשים מאפשרת עיבוד של מספר תנועות בו זמנית תוך שימוש באותה תוכנית־משימה, אך לכל אחת יש מאגרי זכרון נפרדים לאחסון הנתונים. ישנם מחשבים בהם הפרדת הפקודות והנתונים נעשה בתכנות וישנם מחשבים שבהם הפרדה זו הינה חלק מהארכיטקטורה שלהם.



ציור 8.2: משימות לעיבוד בטור



ציור 8.3: משימות רבות־משתמשים

טיפול במאגרים ובתורים

מאגרים (Buffers) הינם אזורים בזכרון שבהם מאוחסנות התשדורות בעת הקלט ובעת הפלט. מאגרים דרושים גם לביצוע פעולות קלט ופלט אחרות, בסרטים, בדיסקים, במדפסות ועוד. במערכות החדשות ישנם מאגרים במחשב המרכזי, ביחידת הבקרה לתקשורת ובמסופים. כדי לחסוך בזכרון, מנהלים בדרך כלל מאגר זכרון אחד ממנו מקצים בצורה דינמית מאגרים בעת ביצוע הקלט או הפלט ומשחררים את המאגר בגמר הפעולה. בניהול המאגרים יש לפתור בעיות כגון צורת ההקצאה והשחרור, טיפול במקרה של מחסור במאגרים, שרשור מאגרים ביניהם לצורך אחסון תשדורות ארוכות וכד׳.

בשלבי הטיפול בתנועה עשויות להדרש תוכניות משימה שונות. אם הן אינן בזכרון באותה עת, יש לטעון אותן מספריית התוכניות ולנצל את אפשרויות הקצאת הזכרון הדינמית.

האקראיות של מופע התנועות והשוני בזמני העיבוד הנדרשים לכל תנועה יכולים לגרום למצב שבו צרכני השירות חייבים לחכות. הצפייה יכולה להיות לשידור בקו, לקריאה וכתיבה בדיסק, לעיבוד ביע״מ ועוד. התורים הנוצרים במקרים אלו מחייבים הקצאה מספקת של מאגרים כדי לא לעכב פעילות שיכולה להתבצע. במשך הזמן ניתן השירות לממתינים והתור מתייצב או מתרוקן. כאשר מצב זה לא קורה והתור גדל, המערכת אינה יכולה לתת שירות ויש לבחון את המצב ולתקן אותו.

מערכת התוכנה מנהלת את התורים לפי העדיפויות הנקבעות לסוגי התנועות, לקבצים או לפי קריטריונים אחרים. התור מחולק בדרך כלל בין הזכרון והדיסק המגנטי כדי לחסוך מקום בזכרון.

בטחון נתונים, שיחזור וגיבוי

במערכת אצווה מגיש המשתמש את העבודות ומחכה למועד שהובטח לו הפלט. אם חלה תקלה בפעולת המחשב יתכן שלא יחול כל שינוי בלוח הזמנים אך יתכן שתהיה דחיה כלשהי. במקרים שההפרעה לפעולה התקינה עלולה להמשך זמן רב יותר, אפשר לבצע את העבודות במחשב אחר.

לא כן הדבר במערכת עיבוד בתקשורת אשר בה מצפה המשתמש לקבל **תשובה מיידית** לפנייתו בפרק זמן של שניות אחדות. התלות בפעילות תקינה של מערך עיבוד הנתונים בתקשורת מחייב תשומת לב שונה **לרמת־השרות** המובטחת למשתמש. את רמת השירות אפשר להגדיר בקריטריונים שונים אך המקובלים ביותר הם זמינות והפרעות בלתי מתוכננות.

הזמינות (Availability) הינה אחוז הזמן שבו משאבי המערכת עומדים לרשות המשתמש. זמינות של 96 אחוז פרושה שהשירותים ניתנים ב־96 אחוז של זמן הפעילות המובטח. בלוח הזמנים של הפעלת המערכת ישנן הפסקות מתוכננות לאחזקת החומרה והתוכנה, אך יכולות להיות גם הפסקות בלתי מתוכננות.

מורכבות המערכת הפיסית והלוגית והשילוב של רכיבי חומרה רבים של יצרנים שונים מהווים מקור להפסקה בלתי מתוכננת. קיים סיכון שחלק מהרכיבים של חומרה או תוכנה לא יתפקדו.

כדי שהמערכת תוכל לתת שירות, ולוא אף חלקי, יש לבנות בה מנגנוני אבטחה ומחזור מתאימים, ואפשרויות גיבוי לרכיבים שחלה בהם תקלה. בהמשך נסקור כמה מהמנגנונים המשרתים מטרה זו.

א. מחזור (Restant).

להתאוששות ממצב של תקלה דרושים נתונים על מצב המערכת ברגע שחלה התקלה: מסופים שהיו קשורים לרשת, מצב הקבצים, תורי התשדורות, מצב ההתקשרות עם כל מסוף (שידור או קליטה) ועוד.

כדי שהמערכת תהיה מוכנה תמיד לחזור לתפעול לאחר תקלה עליה לרשום באופן שוטף את כל הנתונים הדרושים לה למטרה זו. מקובל לעשות זאת בפרקי זמן קבועים, כל כמה שניות, וכאשר חלים אירועים חשובים ("פותחים" קובץ, למשל). נקודת הזמן שבה נעשה הרישום קרויה **נקודת מבדק** (Check Point). רישום הנתונים נעשה על גבי דיסק מגנטי.

לאחר שמתוקנת התקלה והמערכת חוזרת למצב פעולה משתמשת תוכנת התקשורת בנתוני נקודת המבדק כדי לשחזר את המצב שהיה בעת התקלה ולהמשיך בפעולה הסדירה.

ב. האטה (Slow-Down).

מערכות תקשורת כוללות בתוכן מנגנוני פיקוח שמופעלים כאשר המערכת נשארת ללא מאגרי זכרון או אלמנטים קריטיים אחרים. ההאטה מתבטאת בדרך כלל בהפסקה של פעולת חקירה בקוים כדי למנוע קליטה, תוך נסיון לשדר את כל הפלט שהצטבר בזכרון המחשב. כמו כן אין מאפשרים נסיונות התקשרות בין מסופים ליישומים, ומודיעים למפעילי המסופים על האטה בפעילות המערכת.

ג. גיבוי (Back-Up).

כפי שכבר הוזכר מורכבת מערכת התקשורת ממרכיבים רבים, חלקם טוריים, דבר שגורם לכך ש"נפילת" רכיב אחד תגרור בעקבותיה אובדן רכיבים אחרים. כאשר יחידת הבקרה של מסוף מתקלקלת ינותקו כל המסופים הקשורים אליה, ואם המודם שלה מתקלקל תתקבל אותה התוצאה. כאשר קו התקשורת יוצא מכלל פעולה ינותקו כל יחידות הבקרה ומסופיהן. כאשר יחידת בקרה לתקשורת תתקלקל ינותק חלק מהרשת שקשור ליחידה זו. מחשב אשר מפסיק לפעול גורם את הפסקת פעולת התוכניות הנמצאות בו. אם זה המחשב היחיד של המערכת, תחדל המערכת כולה מלפעול.

בעת תכנון המערכת דואגים לגיבוי של מרכיבים קריטיים. מידת הגיבוי תלויה במחיר אותו מוכנים להשקיע בגיבוי, ובמידת התמיכה של המערכת באפשרויות

גיבוי שונות. גיבוי פשוט הוא הצבת מסוף רזרבי במקום שישנם מסופים שאי אפשר להפסיק את פעולתם. אפשר להתגבר על תקלה בקו תקשורת על־ידי שכירת קו דואר נוסף. אפשר להעביר קוי תקשורת מיחידת בקרה מושבתת ליחידה שניה אשר פעילה. מערכת מתוחכמת תאפשר הפעלת נתיבים אלטרנטיביים, שימוש במחשבים אלטרנטיביים, גמישות בהגדרות הקשר בין מסוף ליישום ועוד.

ד. בטחון־נתונים.
מערכת עיבוד־רחק צריכה להבטיח את קבציה מפני גישה של גורמים שאינם מוסמכים. אבטחת הנתונים נעשית על ידי שימוש בסיסמאות, על ידי נעילה פיסית של המסופים, על ידי שימוש בכרטיסים מגנטיים לזיהוי, ועל ידי שימוש בציוד הצפנה. המערכת תודיע בדרך כלל למפעיל כאשר אדם מנסה להתקשר ליישום תוך שימוש בסיסמה לא נכונה. היבט אחר של אבטחת המידע הוא אבטחת אמינותו בעת התמסורת על ידי שימוש בקודים לגילוי ותיקון שגיאות כפי שתוארו בפרק ג׳.

במערכות התקשורת הראשונות ובמחשבים קטנים מבוצעים רוב התפקידים הפשוטים על ידי יחידת הבקרה לתקשורת ואילו התפקידים שנחשבו ־מורכבים מבוצעים על ידי התוכנה במחשב. עם הופעת יחידות בקרה ניתנות לתכנות הועברו אליהן תפקידים נוספים במגמה להשאיר לתוכנה במחשב את התפקידים המורכבים ולשחררה מפעילויות של ניהול הרשת.

סוגי תוכנה במערכת תקשורת

התוכנה במערכת תקשורת מורכבת מתוכנת התקשורת להפעלת וניהול הרשת ותוכנת היישומים של המשתמשים. בהמשך נדון בתוכנה מן הסוג הראשון.

תוכנת התקשורת כוללת שני סוגים עיקריים:

הסוג הראשון נותן בידי תוכנית היישום כלים לטיפול ברשת התקשורת ואמצעי גישה אל מערכת ההפעלה המבצעת עבורה את הקשר אל יחידות קלט ופלט של מערך התקשורת. תוכנה מסוג זה קרויה **תוכנה בסיסית לתקשורת** או **שיטת גישה בסיסית.** דוגמה לתוכנה זו היא BTAM (Basic Telecommunication Access Method) של חברת יבמ.

סוג התוכנה השני נותן למשתמש שירותים של ניהול הרשת והוא קרוי **תוכנה לבקרת התקשורת.** תוכנה זו דרושה בעיקר ברשתות מורכבות והיא מטפלת בכל ההיבטים של ניהול התקשורת. תוכנית היישום אינה עושה פעולות שהיו מוטלות עליה כאשר השתמשה בתוכנה הבסיסית מכיון שפעולות אלו נעשות מעתה על ידי התוכנה לבקרת הרשת. תוכנית היישום מקבלת בתורים ובמאגרי

הזכרון את הקלט שנאסף על ידי תוכנית הבקרה והיא מספקת לתוכנית הבקרה את רשומות הפלט כדי שתעבירן ברשת ליעדיהן. ההפרדה בין סוגי התוכנה לתקשורת אינה קיימת תמיד, ואפשר למצוא מקרים בהם נותנת התוכנה את כל סוגי השירותים.

שיטת גישה בסיסית

המאפיין את שיטת הגישה הזו הוא הטיפול בכל בעיות ניהול הנתונים בעת ביצוע הקלט והפלט. המשתמש פטור מלטפל בכל תו שנקלט ושליטתו בתקשורת נעשית על ידי פקודות מקרו. למשל, כדי לשלוח הודעה למסוף BSCעליו לרשום מספר פקודות מקרו שמבצעות את הפונקציות הבאות:

1. שלח מספר תוי (End-Of-Transmission)EOT כדי להביא את המסופים להאזנה.
2. שלח את כתובת המסוף אליו אתה מעונין להתקשר.
3. קרא את תשובת המסוף ובדוק אם הוא מוכן לקבל הודעה.
4. שלח למסוף את ההודעה מלווה בתוי בקרה כגון STX (Start-of-Text) או ETX (End-Of-Text).
5. קרא את תגובת המסוף ובדוק לפיה אם ההודעה נקלטה ללא שגיאות.
6. אם חלה שגיאה בהודעה חזור על התהליך מתחילתו.

התוכנית הבסיסית מתרגמת את פקודות המקרו לסידרת פעולות שמבצעות את התקשורת למעשה. למשתמש נשארות פונקציות רבות לביצוע כמו ארגון סדר הפעולות במערכת, טיפול בשגיאות שידור, טיפול בתורי הודעות בקלט ובפלט, ניתוח הקלט והפעלת התוכניות השונות בהתאם לאופי הקלט, הכנת מאגרי זכרון לצורך קליטת ההודעות, תרגום משפת המסוף לשפת המחשב, בדיקת קוים ומסופים, טיפול בבעיות גיבוי, ניהול רשת וכד'.

האירוע ברשת התקשורת	תוכניות במערכת ההפעלה	תוכנה בסיסית לתקשורת	תוכנית היישום
הוראות קריאה נשלחות למסוף ←	← מבצעת פקודות קלט פלט	← יצירת סידרה של פקודות קלט/פלט וקוראת לתוכניות הפיקוח לשם ביצוען	← מוציאה פקודת מקרו READ ממשיכה בביצוע פעולות אחרות
מתקבל פסק →	→ בודקת סוג הפסק. אם הוא מיחידת התקשורת	→ בודקת אם הסתיים ביצוע כל תהליך הקריאה. אם לא, מחכה להמשך הביצוע	→ ממתינה לגמר הקריאה
		אם כן, קוראת לתוכנית היישום ומודיעה לה כיצד הסתיימה הפעולה →	→ בודקת כיצד הסתיימה הפעולה
הוראות כתיבה נשלחות למסוף ← / מתקבל פסק →	← מבצעת פקודת קלט/פלט / ← ההמשך כמו בתהליך הקריאה	← יצירת סדרה של פקודות קלט/פלט וקוראת לתוכנית הפיקוח לשם ביצוען	← אם הקריאה הסתיימה באופן תקין, מוציאה פקודת מקרו WRITE ACKNOWLEDGE שמודיעה למסוף שהודעתו התקבלה בצורה תקינה

ציור 8.4: תהליך קלט־פלט בשיטת גישה בסיסית

הקשר בין תוכניות מערכת ההפעלה, התוכנה הבסיסית לתקשורת ותוכניות היישום מודגם בתרשים הזרימה שבטבלה. האירוע המתואר הוא פעולת קריאה של נתונים המבוצעת על ידי תוכנית היישום. לאחר פעולת הקריאה ניתנת הוראת כתיבה לשם העברת הודעת אישור למסוף שהתשדורת התקבלה בצורה תקינה.

תוכנה לבקרת תקשורת

מורכבות הרשתות, גיוון דרישות המשתמשים, אילוצי תפעול שונים ושנויים דינמיים בתצורת הרשת חייבו את חברות המחשבים לבנות תוכנת בקרה כללית לתקשורת. תוכנה זו מבצעת פונקציות שמשותפות לכל מערכות התקשורת והיא ניתנת להתאמה לצורכי המשתמש על ידי הגדרת פרמטרים בזמן "יצירת המערכת" (System Generation). פרמטרים אלה גורמים ליצירת תוכניות בגודל שונה בהתאם למספר הקוים שהוגדרו, לסוגיהם ולפונקציות שהמשתמש מעונין לכלול במערכת שלו. דוגמה לתוכנה כזו היא תוכנית הבקרה לתקשורת של יבמ: CICS/VS(Customer Information Control System/VS). במחשבים קטנים דוגמת HP3000 או PDPמוכללות פונקציות תוכנית הבקרה בתוכנה של מערכת ההפעלה.

המשתמשים שיעדיפו לבחור מערכת בעלת תוכנית בקרה כללית על פני מערכת שכוללת רק תוכנה בסיסית, הם בדרך כלל משתמשים בעלי יישומים רבים ושונים ומספר רב של מסופים. אין זה כדאי להשקיע מאמצים בבנית תוכנת הבקרה, הן מבחינת זמן פיתוח והן מבחינת כח האדם שנדרש למבצע כזה, ומעדיפים להשתמש בתוכנה כללית מוכנה.

שירותי תוכנה לבקרת תקשורת

הפונקציות שמתבצעות על ידי תוכנית בקרה כללית בנוסף לפונקציות שממלאת התוכנה הבסיסית הן:

א. **עיבוד במקביל של התשדורות בשיטת ריבוי־משימות** (Multi-tasking). המערכת דואגת להפעלה מסודרת של התוכניות השונות שמטפלות בתנועה מהקלט ועד הפלט כאשר העיבוד נעשה במקביל לכל התנועות, וכל תנועה יכולה להמצא בשלב אחר של הטיפול בה. במערכת בסיסית מתבצע העיבוד בדרך כלל באופן טורי.

ב. **טעינה דינמית לזכרון של תוכניות** שנדרשות לצורך הטיפול בתנועות המצויות בתהליך עיבוד. במערכת בסיסית ניהול טעינת התוכניות נעשה על ידי תוכניות המשתמש.

ג. **טיפול שלם בשגיאות שידור ובבעיות קוים.** במערכת בסיסית מקרים חריגים מובאים לטיפול המשתמש.

ד. **התגברות אוטומטית על תקלות** על ידי יצירת גיבוי לקבצים ושיחזור המצב

הקודם לאחר תקלה.

ה. **תרגום קודים** מקוד התקשורת לקוד הפנימי של המחשב, ולהיפך.

ו. **יצירת "יומן תנועות"** בו נרשמות כל תנועות הקלט־פלט של המערכת.

ז. **צבירת נתונים סטטיסטיים** כדי שהמשתמש יקבל מידע על ביצועי המערכת. מידע זה יכול לעזור למשתמש לתקן את הפרמטרים שהגדיר בזמן יצירת המערכת.

ח. **טיפול במסוף פיקוח** המשמש את מנהל מערכת התקשורת. ממסוף זה אפשר לשנות פרמטרים של המערכת במהלך העבודה, אך גם, ובעיקר, לפתוח ולסגור מסופים וקוים.

ט. **טיפול בקבצים.** אחת הפונקציות שקיימת בכל מערכת תקשורת היא גישה לקבצי נתונים שמצויים במחשב המרכזי. על קבצים אלה מתבצעות פעולת עדכון על־פי נתוני הקלט שמתקבלים מהמסופים ואיחזור נתונים לצורך מתן תשובות לשאילתות. תוכנית הבקרה עוזרת בגישה לקבצים, כלומר במציאת הרשומה בקובץ ועדכון שדות בה, ובארגון קבצים כדי שגישה לנתונים שבתוכם תהיה מהירה ככל האפשר.

י. **טיפול בתורים.** תנועות הקלט מגיעות בצורה אקראית ולא תמיד ניתן לעבדן באופן מיידי מכיון שתוכנית העיבוד עסוקה. באופן דומה תנועות פלט עשויות להמתין לקו שיתפנה. דבר זה דורש ארגון תורים בקלט ובפלט. התורים יכולים להיות בעדיפויות שונות בהתאם לסוג התנועה וסוג הקו.

יא. **טיפול במבנה הקלט.** מסופים מסוגים שונים שולחים ומקבלים בדרך כלל תשדורות במבנה שונה. תוכנית היישום תהיה פשוטה יותר אם התנועות השונות תגענה אליה כשהן ערוכות במבנה אחיד ואם הפלט שלה הוא במבנה אחיד. תוכנית הבקרה תבצע עריכת הקלט והפלט במבנה נוח לעיבוד ולשידור.

יב. **הקצאה דינמית של מאגרי זכרון** דרושה כדי לחסוך בזכרון, כיון שאין צורך להקצות מאגרים קבועים לכל קו אלא רק לקוים שיש בהם תנועה.

יג. **הטבעת זמן קליטה ושידור** לכל תנועה. לשם בקרת תעבורה ומעקב.

יד. **טיפול במשטר הקו** מבלי שהמשתמש יצטרך לעסוק בניהול התקשורת.

טו. **"פתיחה" ו"סגירה"** של קוים ומסופים.

מהפירוט הזה ניתן ללמוד שיתרונותיה של תוכנית בקרה כללית הם בכך שהמערכת נוחה לשינויים ולהתאמה ליישום לאחר הרצה ראשונה והפקת לקחים. המערכת נבנית מראש בצורה גמישה וניתנת להתאמה על ידי שימוש בטבלאות פרמטרים. יישום מערכת גדולה באמצעות תוכנית בקרה הוא מהיר ופשוט יותר מאשר שימוש בתוכנה בסיסית בלבד, ונמנעות בעיות ותקלות אשר עלולות להיות בהקמת מערכת מורכבת. דבר זה גורם גם לעלות נמוכה יותר של פיתוח המערכת כתוצאה מחסכון בכח אדם וקיצור משך הפרוייקט.

שיטת גישה מתקדמת

שלב פיתוח נוסף היה העברת פונקציות הטיפול בתקשורת מתוך תוכנית

הבקרה אל שיטת הגישה. היתרון במצב כזה הוא שבעוד ששיטת הגישה הבסיסית משרתת תוכנית בקרה אחת בלבד, הרי שיטת גישה מתקדמת מהווה תוכנה לתקשורת העומדת ברשות עצמה, מנהלת את הרשת ונותנת שירותים לכל התוכניות האחרות שדורשות שירותי תקשורת. דוגמה לשיטת גישה כזו בחברת יבמ הינה שיטת הגישה VTAM, שתתואר בהמשך, ואשר פועלת עם **תוכנה לבקרת רשת** NCP (Network Control Program) שביחידת הבקרה לתקשורת.

להבהרת הענין נתאר מחשב שבו פועלים בתקשורת שני יישומים, האחד מטפל בניהול בסיס־נתונים, והשני נותן שירותי שיתוף־זמן. אם היישומים האלו היו משתמשים בשירותי תוכנה בסיסית היתה לכל אחד מהם רשת תקשורת נפרדת. התוכנה הבסיסית נותנת שירותים לתוכנית אחת בלבד, מבלי להבחין בין תוכנית יישום המשרתת משתמש אחד, לבין תוכנית בקרה לתקשורת הנותנת שירותי שיתוף־זמן למשל למשתמשים רבים.

כאשר משתמשים בשיטת גישה מתקדמת, ניהול התקשורת מתבצע על ידה עבור כל היישומים המופעלים במחשב. מפעיל מסוף מתקשר אל שיטת הגישה המתקדמת ומודיע לה את שם היישום שהוא רוצה להפעיל. לאחר יצירת הקשר בין המסוף לתוכנית היישום יכול המפעיל לבקש להתקשר ליישום אחר, ושוב מבצעת תוכנית הגישה את הקשר. פעולת ההתקשרות בין מסוף ליישום קרוייה Log-on.

אירוע התקשורת	תוכנית ביחידת הבקרה	תוכנית הפיקוח	שיטת גישה מתקדמת	תוכנית היישום
מסוף מוכן לשדר ←	שולחת תוי חקירה לכל הקוים			
מסוף שולח קלט ←	אוספת את הקלט להודעה שלמה ←	מעבירה את הקלט ←	אוספת את הקלט במאגרים	
				מוציאה פקודת קריאה
			מעבירה את הקלט למאגרי תוכנית היישום ←	מוציאה פקודת כתיבה
הפלט נשלח למסוף	← מוסיפה תוי משטר הקו, מבצעת מעינה ושידור הפלט	← משדרת את הפלט	← בונה את הכותרות הנדרשות לניהול התקשורת	←

ציור 8.5: תהליך קלט־פלט בשיטת גישה מתקדמת

שיטת הגישה המתקדמת נותנת שירותי הפעלה של רשת התקשורת במשותף לכל היישומים במחשב. הקלט מתקבל בשיטת הגישה מבלי שתוכנית היישום תבצע כל פעולת קלט־פלט. פעולת קלט של תוכנית היישום גורמת רק להעברה של התשדורת ממאגרי תוכנית הגישה למאגרי תכנית היישום. בצורה דומה מטפלת התוכנה גם בפלט. כל היישומים מעבירים אליה את מאגרי הפלט והיא משדרת אותם ליעדים באופן בלתי תלוי בתוכנית היישום.

ציור 8.5 מתאר את זרימת הנתונים בין תוכנית היישום והמסוף בשימוש בשיטת גישה מתקדמת.

סיווג מערכות התוכנה

לסיכום נציג שוב את סוגי התוכנה במערכת התקשורת:

א. **תוכנה בסיסית** או **שיטת גישה בסיסית** נותנת כלים המאפשרים לתוכניות היישומים להתקשר את המסופים המחוברים ברשת התקשורת של המחשב. לכל יישום קשורים מסופים מסויימים אשר משרתים אותו בלבד ואין הם יכולים לשרת יישומים אחרים.

ב. **תוכנה מתקדמת** או **שיטת גישה מתקדמת** מאפשרת שירותים של מסוף אחד למספר יישומים ולכן היא מכילה פונקציות של ניהול רשת. ההתקשרות אל היישום נעשית בתהליך הקרוי Log-on או Sign-on. המשתמש יכול להפסיק העבודה ביישום אחד בפעולת Log-off או Sign-off ולבצע התקשרות עם יישום אחר.

ג. **תוכנת בקרה לתקשורת** מבצעת שני תפקידים: ניהול הרשת וניהול תוכניות היישומים. דוגמה לתוכנה זו היא CICS/VS של יבמ הפועלת עם התוכנה הבסיסית BTAM. כאשר תוכנת CICS/VS פועלת עם התוכנה המתקדמת VTAM היא אינה מנהלת את הרשת אלא את תוכניות היישומים בלבד.

פרק ט':

ארכיטקטורת רשת מערכות

ארכיטקטורות חדשות של תוכנה לתקשורת

רוב חברות המחשבים הכריזו בשנים האחרונות על ארכיטקטורות חדשות של רשתות תקשורת שבאו לפתור בעיות קיימות. משתמשים של מחשבים חדשים שנבנו מראש ליישומי תקשורת יתכן ויתקשו להבין את הצורך בארכיטקטורה חדשה. כדי להדגים זאת נתאר את הגורמים והבעיות אשר הינחו את יבמ למצוא פתרון ולפתח את **ארכיטקטורת רשת המערכות** - אר"מ SNA (Systems Network Architecture).

סיבות לפיתוח ארכיטקטורה חדשה

חברת יבמ החלה לפתח את אר"מ כאשר עמדו בפניה מספר בעיות שלא ניתנו לפתרון בשיטות התקשורת אשר היו נהוגות:

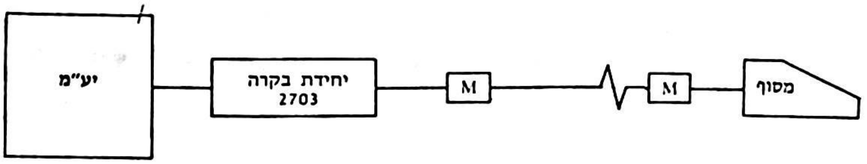
א. לפני הופעת אר"מ היו ב־יבמ 56 שיטות לטיפול בתקשורת, גיוון במשטרי קו ומספר רב של מסופים לא תאימים. אפילו שני מסופים שהוגדרו כ־BSC כמו 3770 ו־3270 למשל, לא עבדו בדיוק באותו משטר קו בגלל דרגות החופש הרבות שהותרו ב־BSC. כמו כן לא היו כללים לתקשורת בין מסוף ליישום ובכל מקרה נקבעו נוהלים פרטיים לפי ראות עיני מפתחי היישומים.

ב. הופעת המיקרו־מעבדים (Micro-processors) חוללה מהפיכה בשטח החומרה. הם איפשרו הכנסת תיחכום במסופים וביחידת הבקרה לתקשורת, דבר שאיפשר לבזר את הלוגיקה שהתרכזה במחשב המרכזי לחלקים אחרים של הרשת.

ג. המשתמשים בתקשורת רכשו נסיון ולא הסתפקו ב"הישג" של תקשורת בין מסוף למחשב. התעורר צורך בהגדרת מערכת אחידה של כללים לביצוע תקשורת, כללים שישמשו את מתכנני המסופים ומתכנני תוכניות בקרה לבסיסי נתונים. כללים אלה צריכים להתאים לרשת "כוכב" בה כל המסופים מחוברים למחשב מרכזי ולרשת "יהלום" בה ישנה תקשורת בין מחשבים המצויים בצמתים של הרשת.

בהמשך נדון בבעיות שקיימות בתקשורת לפני האר"מ, ובפתרונות המוצעים על ידי אר"מ. אין כוונת הפרק להכנס לפרטי היישום של האר"מ אלא לתאר מהי ארכיטקטורת רשת ואילו בעיות היא עשויה לפתור.

מבנה מקובל של רשת תקשורת מוצג בציור 9.1. התוכנית במחשב המרכזי ביצעה את כל הפיקוח על התקשורת, ולא קיבלה כל שירותים מיחידת הבקרה



ציור 9.1: מבנה מקובל של רשת תקשורת

שהיתה בנויה מחומרה בלבד. יחידת הבקרה התחברה לערוץ המחשב כשלכל קו הוקדש תת־ערוץ ואל המסופים התחברה באמצעות מודמים. היא ביצעה מספר תפקידים בסיסיים כמו איסוף סיביות לתוים והעברתם למחשב, הוספת תוי ביקורת לתוי הנתונים ובדיקת תוים אלה בקליטה וכד'. המסוף גם הוא היה חומרה בלבד והפיקוח עליו נעשה על ידי תוי בקרה שנשלחו על ידי תוכנית היישום. הבעיות שהתעוררו בגישה זו היו:

א. עירוב תחומים של טיפול במשטר קו ועיבוד התנועות בתוך תוכניות היישום.
ב. עומס על היע"מ עקב ניהול במספר רב של מסופים, בנוסף לביצוע העיבוד כנדרש בתוכניות היישומים.
ג. מגבלות בחיבור מסופים וקוים מכיון שלכל קו נדרש תת־ערוץ נפרד ביחידת הבקרה ובערוץ קלט־פלט של המחשב.

פתרונות לכאורה ובעיות שנותרו

בעיות אלה הובילו לשלוש התפתחויות:

א. נבנתה תוכנית בקרה לתקשורת כמו CICS למשל, שטיפלה בכל תחומי התקשורת בהותירה למשתמש את כתיבת תוכניות היישום. כך הפכו תוכניות היישום לרגישות פחות לגידול הרשת.
ב. מספר מסופים חוברו על קו רב־נקודתי כדי להגדיל את מספר המסופים ברשת, תוך חסכון בקוים על חשבון זמן תגובה.
ג. נבנו מרכזות (Concentrators) שריכזו מספר מסופים על קו אחד והפרידו את הקוים לפני הכניסה למחשב. מלבד זאת לא שינו דבר כיון שעדיין נדרשה כניסה של תת־ערוץ לכל קו ועדיין היע"מ הועמס על ידי הטיפול בתקשורת.

גם התפתחויות אלה לא ענו על מספר בעיות יסוד:

א. מסוף היה שייך ליישום מסוים, אשר דאג לבצע את כל פעולות ההתקשרות למסוף. אם במחשב יבמ מסוים הופעלו מערכות התוכנה CICS ו־TSO (תוכנת בקרה לשיתוף זמן) בו־זמנית, לכל אחת מהן הוקדשו מסופים נפרדים.

ב. לא היו נוהלים מוגדרים לכללי התקשורת בין מסוף ליישום. מפתחי מסופים דאגו שיעבדו במשטר קו סטנדרטי אבל בנוסף לזה הם היו חופשיים בבחירת הצורה בה המסוף מדווח ליישום על מצבו (עסוק, פנוי, חוסר נייר, נעילת לוח מקשים, Overflow, Overrun וכד'). לכן בכל פעם שהוכרז מסוף חדש היה צורך בהוספת תמיכה במסוף בכל חבילות התוכנה הסטנדרטיות לתקשורת וביישומי המשתמשים שהשתמשו בהן. השוני בנוהלי התקשורת עם המסופים גרם לכך שלא ניתן היה לחבר על קו אחד מסופים ממשפחות שונות (3270 ו־3780 למשל) אע"פ שהם פועלים באותו משטר קו (BSC).

ג. משטר הקו הנפוץ ביותר BSC, לא איפשר יישום רשת תקשורת שאינה מסוג "כוכב", בגלל הקשר הישיר שנדרש בין היישום למסוף. בהמשך יוסבר קשר זה.

משטר קו BSC ומגבלותיו

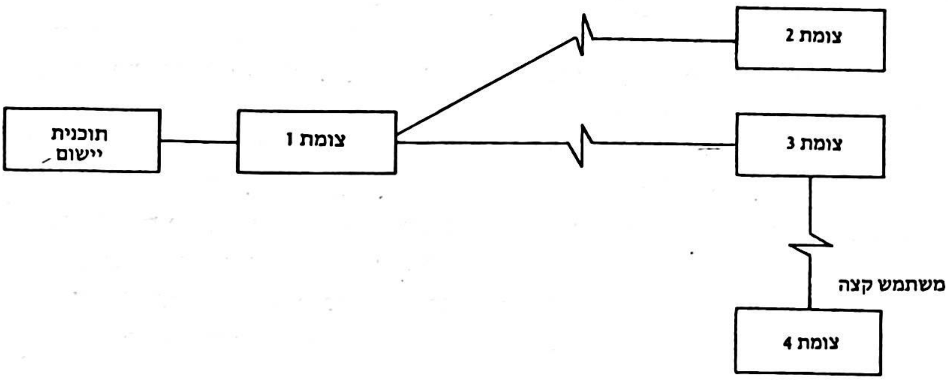
משטר קו BSC התפתח על רקע המגבלות של משטר הקו START-STOP. בנסיון לפתור את מירב בעיות התקשורת נוצר שילוב של משטר קו, טיפול במסוף ונוהלי שיחה בין מסוף ליישום. נסביר זאת בדוגמה: כאשר יישום רוצה לקלוט ממסוף הוא מבצע פקודת קריאה שמתורגמת לחקירה אשר נשלחת על הקו ומכילה בתוכה את הכתובת של המסוף. המסוף ישלח את הקלט שהוזן לתוכו. כשיגיע הקלט לתוכנית היישום היא תענה ACK (ACKnowledge) כדי לאשר למסוף שהתנועה נקלטה בשלימות ואין עליו לשמרה יותר.

תוכנית היישום יכולה לעכב את ה־ACK עד שהקלט ירשם על דיסק. אי־שליחת האישור ACK דהיינו שליחת NAK (Negative-ACKnowledge) יכולה לסמן תקלת קו, חוסר מאגרי זכרון לעיבוד התנועה או תקלה בעת הרישום בדיסק.

אם התקלה היא בתקשורת, התוכנית תתגבר עליה על ידי נסיון קריאה נוסף, אחד או יותר, עד לקבלת אישור להשלמת הפעולה ללא תקלות. מסיבה זו נדרשת במסופי BSC יכולת אגירה של התשדורת. כל זמן שלא נשלח אישור לביצוע ללא תקלות הקו תפוס ומסופים אחרים הקשורים עליו אינם יכולים לשדר דבר. בדרך כלל נבנו המסופים עם אפשרות נעילה של לוח המקשים עד לקבלת האישור למניעת הרס הנתונים הקודמים במאגר.

מדוגמה זו רואים שתוי־בקרה כמו ACK מיועדים לשליטה על התמסורת בקו, לשליטה על המסוף (שחרור לוח המקשים) וגם לקשר בין היישום והמסוף (אבטחת רישום על הדיסק). משתמשים שרצו להפריד בין הטיפול בתמסורת ובין הקשר מסוף־יישום נזקקו להגדרת נוהלים פרטיים שקבעו תשדורות בקרה לסימון אירועים שונים בקשר שבין המסוף והיישום. המצב מסתבך כשבמקום קו מטפלים ברשת ולוא גם פשוטה.

בציור 9.2 מוצגת תוכנית היישום הרוצה לקלוט ממשתמש קצה כדוגמת מסוף יבמ 3270 אשר בצומת 4. ב־BSC רשת כזו אינה אפשרית כיון ששליחת



ציור 9.2: רשת פשוטה

תוי החקירה על ידי תוכנית היישום מניחה שבקצה הקו נמצא משתמש הקצה אשר יבחין בכתובתו וישלח בתגובה את הודעתו. כאן ישנו מערך של צמתים אשר נדרשים להכיר את המיפוי של הרשת. צומת 3 וצומת 1 צריכים לקלוט את התשדורת מצומת 4 כדי להעביר אותה למחשב.

הפתרון של אר"מ

להקמת משטר התקשורת באר"מ למדו את הבעיות שהיו במשטר BSC ובחנו את הדרכים לפתור אותן. בנוסף, הוכנסו לאר"מ פונקציות אשר מיועדות להשיב על דרישות של צרכנים המתקינים רשתות מורכבות ומסועפות ומשתמשים בטכנולוגיות החדשות של התקשורת. משטר אר"מ גם צפה לעתיד, להתפתחויות האפשריות כפי שהן נראו בעת שתוכנן. על יסוד כל אלה חולקה השליטה ברשת אר"מ לשתי פונקציות עיקריות:

א. שליטה בקו.
תפקיד זה יועד למשטר קו הקרוי SDLC(Synchronous Data Link Control). החשיבות במשטר קו זה, פרט למספר שכלולים טכניים שיש בו, היא בעובדה שהוא מטפל רק באפיקים שבין צמתים קרובים. ACK של SDLC פירושו שהנתונים הגיעו בשלימות לצומת הקרוב בלבד. מרגע זה והלאה אחריותו של הצומת המקבל לשמור את הנתונים עד שיועברו לצומת הבא וכן הלאה. כלומר, כל הרשת מחולקת לחוליות (לקטעים בין צמתים) כאשר בכל חוליה (Link) מוגדר צומת ראשי ומשני. תפקיד הצומת הראשי לבצע חקירה בלתי פוסקת לצומת המשני ולאשר לו כאשר הקליטה תקינה. אין SDLC אחראי לקשר בין משתמש הקצה לתוכנית היישום, ויתכן שלמרות שהנתונים עברו דרך כל הצמתים בהצלחה (ללא שום תקלות בקו) הם יתקבלו בתוכנית היישום כאוסף

סימנים חסרי מובן. כדי למנוע מצבים מסוג זה הוגדרו באר"מ נוהלים לסינכרון לפי המספר הסידורי של התשדורות. לצורך יישום משטר זה יש צורך בבינה (לצורך ביצוע החקירה) וביכולת אגירה בכל אחד מהצמתים. כפי שהוזכר קודם, הופעת המחשבים הזעירים והמיקרו־מעבדים איפשרה התפתחות זאת.

ב. שליטה בזרימת הנתונים ברשת.

ניהול הרשת נעשה על ידי Virtual Telecommunication Access)VTAM Method). VTAM היא שיטת גישה מתקדמת לתקשורת, אשר כוללת בין השאר נוהלים סטנדרטיים לשיחה בין משתמשי קצה, המסוף ותוכנית הישום. עיקר כוחה של אר"מ טמון בנוהלים הללו שהגדירו בפעם הראשונה נוהל לתקשורת בין משתמשי קצה ברמה נפרדת מבעיות תמסורת הנתונים. נוהל זה אינו מטפל בבעיות של תקלות בקו תקשורת ובאפיקים פיסיים אלא עוסק בדו־שיח של "אפיק נל"ן בפועל" בין מסוף ויישום.

הבנת נקודה זו היא המפתח להבנת מהות המושג "ארכיטקטורת רשת" כיון שארכיטקטורת רשת אינה רק שיטת תמסורת נתונים ותהליך הניתוב אלא בעיקר הגדרת המצבים האפשריים בדו־שיח בין משתמשי קצה והטיפול במצבים אלה. יישום הנוהלים דורש מסופים ניתנים לתכנות או מתוכנתים מראש על ידי מיקרו־תוכנה כדי לבצע פונקציות פיקוח. התפתחות מסופים כאלה היה אחד הגורמים לאפשרות יישום הארכיטקטורה.

כדי להמחיש את החידוש בחלוקת הפונקציות לשליטה בקו ולשליטה בזרימת נתונים נחזור לדוגמה של קליטה מ־3270. נניח שה־3270 נמצא בצומת 4 שבציור 9.2. צומת 3 הינו צומת ראשי ביחס לצומת 4 ולכן הוא מבצע לו חקירה. הקלט עובר לצומת 3 וקליטתו מאושרת לצומת 4. צומת 1 מבצע באופן קבוע חקירה לצומת 3 ואת הקלט המתקבל הוא מעביר למאגרי תוכנית VTAM אשר במחשב. כאשר תוכנית היישום זקוקה לנתונים היא מוציאה פקודת קריאה אשר גורמת את העברתם ממאגרי VTAM אל מאגריה.

בשיטה זו אין כל קשר בין פקודת הקריאה של תוכנית היישום לבין קליטה (קריאה) של הנתונים מקוי התקשורת אשר מתבצעת על ידי VTAM. כאשר הקלט מגיע לתוכנית היישום הוא נקי משגיאות שמקורן בתקשורת מכיון שביקורת השגיאות נעשית על ידי SDLC בעת השידור בין הצמתים.

הקלט שמתקבל בתוכנית היישום מלווה בכותרת המכילה נתונים כגון זיהוי השולח, מספר סידורי של התשדורת, קוד סוג התגובה שהשולח מצפה לקבל, ועוד. הנוהלים של אר"מ קובעים את המבנה של הכותרת ואת הנתונים שעליה לכלול. תוכנית היישום תגיב לתשדורת שהתקבלה באמצעות פקודות מקרו של VTAM.

אר"מ מגדירה שבע אפשרויות של תגובה לתשדורת. העיקריות שבהן:
- תגובה בכל מקרה שהקלט התקבל תקין או שגוי.
- תגובה רק במקרה של קלט שגוי (לוגית).

- חוסר תגובה בכל מקרה.

קודם לתהליך שתואר לעיל יש לבצע נוהל LOG-ON – התקשרות המשתמש ליישום. בתהליך זה שולח משתמש־קצה תשדורת בנוסח מוסכם אל שיטת הגישה ומבקש להתקשר אל יישום מסוים. אם היישום מוכן להתקשר למשתמש הזה, הוא שולח לו את המסגרת הנוהלית שלפיה יתקיים הקשר. מסגרת זו מכתיבה באילו נוהלים של אר"מ יהיה מותר להשתמש בעת ההתקשרות (Session) בין היישום למשתמש־הקצה.

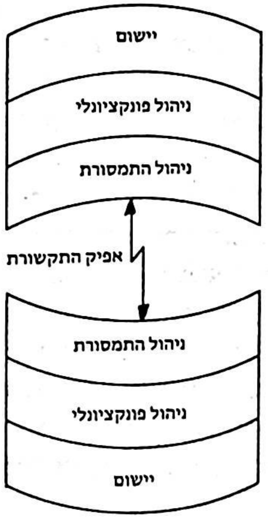
דוגמה למסגרת נוהלית באר"מ: סוגי התגובות לאישור תנועה, הגדרתה של תנועה לוגית, למי מותר להתחיל תנועה ולמי מותר לסיים אותה, שימוש במספרים סידוריים למספור התנועות, שרשור תנועות, פקודות אר"מ שתשמשנה לצורך התגברות על תקלה, נוהל התקשורת (דו־מגמי מלא או דו־מגמי למחצה) וכד'.

באר"מ מוגדר גם נוהל LOG-OFF לסיום ההתקשרות ולהפסקה מסודרת של פעילות הרשת.

מבנה אר"מ

על מנת לבצע את ההפרדה בין הטיפול במסוף, בקו וביישום הוגדרו באר"מ שלוש שכבות פונקציונליות:

- שכבת היישום (Application Layer)
- שכבת הניהול הפונקציונלי (Function Management Layer)
- שכבת ניהול התמסורת (Transmission Management Layer)



ציור 9.3: המבנה השכבתי של אר"מ

שכבות אלה מצויות בכל צומת של הרשת ובכך נוצרה חלוקה סימטרית של הפונקציות תוך הגדרת מישקים ברורים.

שכבת היישום מטפלת רק בעיבודי היישום ואינה מעורבת בנוהלים ובתבניות שנדרשים להעברת תשדורות ברשת. תוכנית יישום היא אחד הסוגים של משתמשי קצה שמוגדרים ברשת, משתמשי קצה אחרים הם מפעיל מסוף או תוכנית יישום במסוף מתוכנת.

שכבת הניהול הפונקציונלי מקבלת בקשות לשידור משכבת היישום והיא הופכת אותם למבנים שמתאימים לשכבת הניהול הפונקציונלי של משתמש הקצה שאליו מיועדת התשדורת. כלומר, תפקיד שכבת הניהול הפונקציונלי לטפל במבני התשדורות ולהתאימם לנוהלים שהוחלט עליהם בעת יצירת ההתקשרות.

שכבת ניהול התמסורת מטפלת בכל ההיבטים של ניתוב התשדורות ברשת. כל תשדורת מיועדת לכתובת משתמש קצה שקרויה בשפת אר"מ NAU (Network Addressable Unit). שני סוגים של משתמשי קצה מוכרים ברשת:
- **יחידה פיסית** PU (Physical Unit): תוכנית או מיקרו־תוכנית שמטפלת בשידור וקליטה ומצויה בכל מסוף.
- **יחידה לוגית** LU (Logical Unit): תוכנית שמבצעת פונקציה לוגית.

לדוגמה: במסוף המחשב יבמ 8100 ישנה יחידה לוגית שמטפלת ב־RJE, יחידה לוגית אחרת שמטפלת בתשדורות שיתוף זמן, ויחידות לוגיות אחרות לפי הצרכים של מתכנת ה־8100 לטיפול ביישומים שונים.

לכל משתמש קצה (NAU) יש שם סימלי שהוא שמו ברשת וכל הפניות אליו מתוך תוכניות היישום ועל ידי מפעילי הרשת נעשות באמצעות שם זה. לפיכך, אם למערכת 8100 מחוברים צגים ומדפסות הם נחשבים משאבים פנימיים של המערכת שאינם מוכרים ברשת התקשורת והם מיוצגים על ידי היחידות הלוגיות שבתוך המסוף. לכל סוג של משתמשי קצה או יחידות פיסיות ולוגיות יש חלוקה פנימית נוספת, ולכל אחד מהם יש הגדרה של כללי התמיכה של אר"מ. ההגדרה מביאה לאחידות ומאפשרת תכנות מראש של התמיכה בחבילות התוכנה השונות ומפשטת את השילוב של מסופים המתאימים לכללים אלה.

ראשית	DLC	TH	RH	RU	DLC

ציור 9.4 *מבנה תשדורת*

המבנה השכבתי של אר"מ בא לידי ביטוי גם במבנה של תשדורת באר"מ, אשר מורכבת מקטעים אחדים הנוצרים על ידי השכבות השונות המטפלות בה:

1. DLC (Data Link Control) – נוצר על ידי שכבת ניהול התמסורת והוא מכיל אינפורמציה לצורך שליטה על אפיק ה־SDLC כגון כתובת החקירה של ה־PU הנמען, מספר סידורי על האפיק וכד׳. אורך כותרת זו 3 בתים.
2. TH (Transmission Header) – כותרת שמוסיפה שכבת ניהול התמסורת. היא מכילה מספר סידורי, כתובת משתמש הקצה הנמען, כתובת משתמש הקצה המוען, אורך התשדורת וכד׳. אורך כותרת זו בין 2 ל־6 בתים.
3. RH (Reguest Header) – כותרת שמוסיפה שכבת הניהול הפונקציונלי. היא מכילה פרטים לגבי סוג התנועה, סוג תגובה מבוקש ממשתמש קצה וכד׳. אורך כותרת זו 3 בתים.
4. RU (Request Unit) – הנתונים הרלבנטיים שיש להעביר ברשת. קטע הנתונים נבנה על ידי שכבת היישום.

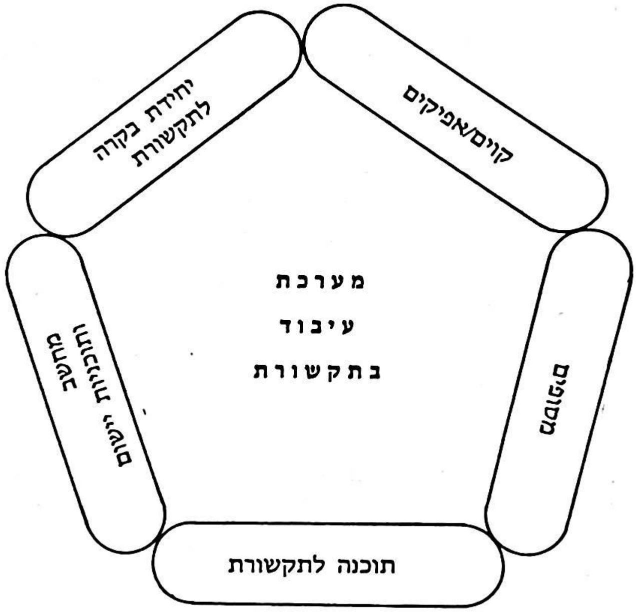
החלוקה לשכבות קיימת בכל צומת ברשת. הכותרות RH, TH נשארות ללא שינוי במהלך השידור. כותרת DLC משתנה מצומת לצומת.

במחשב המרכזי מבוצע הניהול הפונקציונלי על ידי תוכנית היישום עצמה המשתמשת בפקודות מקרו של VTAM. אם משתמשים בחבילת תוכנה לבקרת תקשורת כמו CICS מתבצע הניהול הפונקציונלי על יד תוכנה זו. את ניהול התקשורת מבצעת שיטת הגישה המתקדמת VTAMהנמצאת בזכרון המחשב ותוכנת הבקרה לרשת NCP (Network Control Program) שמצויה ביחידת הבקרה 370X. במסוף מתבצעות פונקציות אלה על ידי היחידות הפיסיות (PU's) שהינן תוכניות או מיקרו־תוכניות.

לסיכום, אר״מ בישרה הגדרת מבנה ארכיטקטוני מוגדך לרשת תקשורת החל מרשת פשוטה וכלה ברשת מחשבים. בעת יישום אר״מ נבנו, פרט למרכיבים הבסיסים שהם VTAM ו־NCP, גם תוכניות בקרה וניהול רשת שמשתמשות בנוהלים של אר״מ לצורך שליטה על זרימת הנתונים, אבטחת הנתונים, ניהול הרשת, איתור תקלות וטיפול בהן.

רשת אר״מ

בפרקים הקודמים דנו במרכיבים של מערכת תקשורת אשר מתוארים בציור 9.5. תיארנו את המשתמשים המצויים בקצה הקו ואת המסופים המשרתים אותם. נגענו בשיקולים של תכנון השיחה בין תוכנית היישום למסוף בכדי לתת למשתמש הבלתי מיומן את השירות שעבורו הוקמה המערכת. תיארנו את שיטות העברה של הנתונים הספרתיים בקוי התקשורת, את החומרה הדרושה לשם כך ואת נוהלי השיחה המבטיחים את אמינות ההעברה. דנו בתפקידיה של יחידת הבקרה לתקשורת והתוכנה לתקשורת הן במערכות מהדור הקודם והן במערכות עם ארכיטקטורה חדשה אשר כדוגמה להן תוארה מערכת SNA של



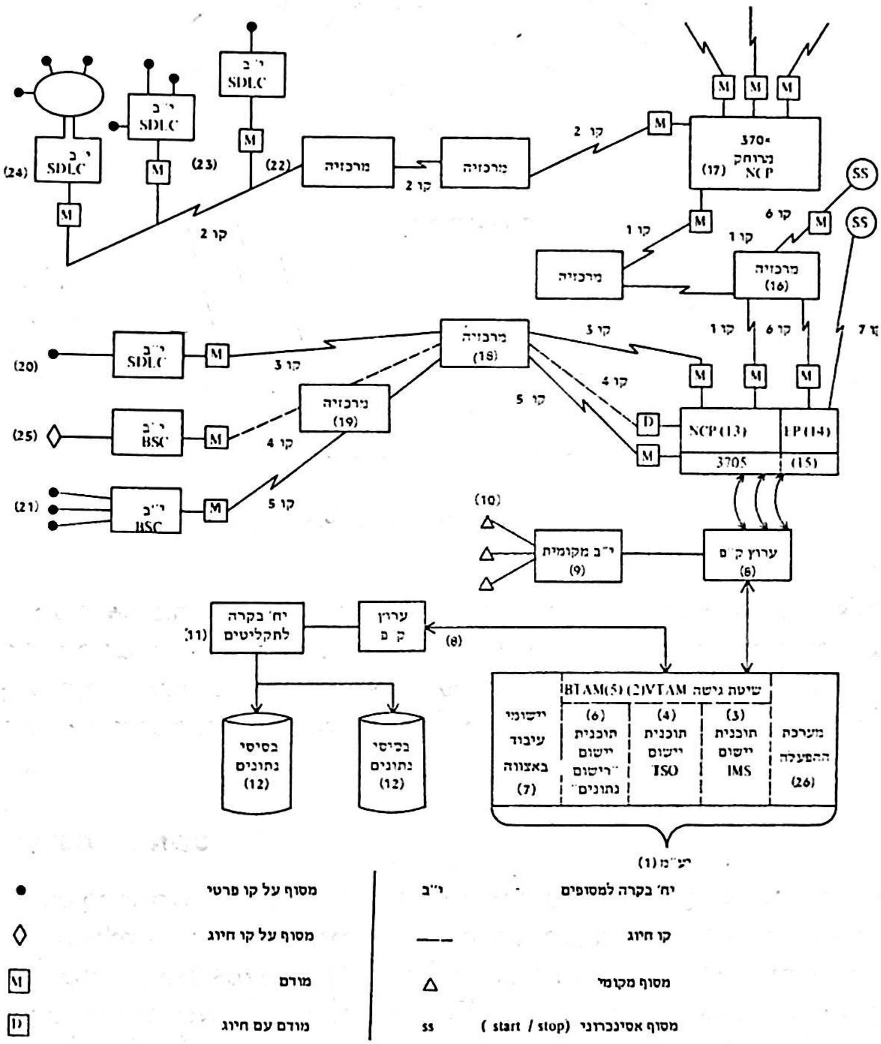
ציור 9.5: מרכיבי מערכת עיבוד בתקשורת

בציור 9.6 מתוארת באופן מפורט מערכת עיבוד בתקשורת אשר תשמש אותנו להסבר המבנה וזרימת הנתונים בה. המערכת מציגה רכיבי חומרה ותוכנה של חברת יבמ אשר שימשו כדוגמאות בפרקי הספר הקודמים. המספרים בסוגרים מכוונים לקשר בין ההסבר שבהמשך לבין רכיבי חומרה ותוכנה המתוארים בציור.

מערכת המחשב

במרכז המחשבים מצוי מחשב (1) אחד או יותר אשר מצויד בערוצי קלט־פלט (8) שאליהם מתחברות יחידות הבקרה השונות. בציור מוצגת יחידת בקרה לתקשורת מסוג 3705 (15) שאליה מתחברת רשת התקשורת, יחידת בקרה לדיסקים (11) שאליה מתחברים הדיסקים, ויחידת בקרה מקומית למסופים (9).

יחידת הבקרה המקומית למסופים מחוברת אל ערוץ קלט־פלט בדומה לשאר יחידות הבקרה של הציוד ההיקפי שבחדר המחשב. היא נבדלת מיחידות הבקרה למסופים שהוזכרו בפרק ז' בכך שאינה פועלת בתקשורת ומשטר קו כמותן, אלא כשאר יחידות הבקרה לקלט־פלט. היא אינה מבצעת את הפעולות הנדרשות להעברת נתונים בקו טלפון כמו הפיכת התוים לסדרה טורית של סיביות, חיבור למודם וגילוי שגיאות קו. מבחינת השירות למסופים מבצעות יחידת בקרה מקומית ויחידת בקרה מרוחקת פעולות זהות ולכן אפשר לחבר את אותם



ציור 9.6: מערכת עיבוד בתקשורת

המשופים (10) אל כל אחת מהן.

במחשב פועלות בצד מערכת ההפעלה (26) מספר מערכות תוכנה:

- שיטת גישה VTAM (2) אשר משרתת שתי תוכניות יישום. האחת, IMS (3) שמטפלת בבסיסי נתונים ותקשורת, והשניה – TSOשמספקת שירותי שיתוף זמן. VTAM מנתבת אל כל אחד מהיישומים בהתאמה את התשדורות שמועברות אליה מרשת התקשורת באמצעות תוכנת NCP(13) שביחידת הבקרה 3705 (15) ומיחידת הבקרה המקומית למסופים (9).
- שיטת גישה BTAM (5) אשר משרתת תוכנית יישום לרישום נתונים (6). תוכנית זו נכתבה, בדוגמה שלפנינו, לפני שנים אחדות וההשקעה להסבתה ל־VTAM לא היתה כדאית. שיטת גישה BTAM אינה פועלת עם תוכנת NCP ולכן ישנה ב־3705, לצד ה־NCP, גם תוכנית EP (14) לביצוע השירותים הדרושים לה.
- יישומי עיבוד באצווה (7) פועלים עם יחידות קלט־פלט מקומיות שאינן מתוארות בציור.

מערכת התקשורת

יחידת הבקרה 3705 מרכזת את פעילות התקשורת באמצעות תוכניות NCP ו־EP אשר הוזכרו קודם.

צמד התוכנה VTAM-NCP משרת את כל הרשת שמתוארת בציור, פרט לשני מסופים START-STOP אשר מוקדשים באופן לבדי לתוכנית רישום הנתונים ומקבלים שירות מצמד התוכנה BTAM-EP.

תוכנת EP משרתת שני קוים, קו 6 וקו 7. קו 7 פועל ללא מודמים מכיון שהמסוף מותקן במרחק של עשרות מטרים בלבד מיחידת הבקרה. המסוף הקשור לקו 6 מותקן במרחק רב ונדרשים לו מודמים בשני קצות הקו. קו 6 הוא קו פרטי המורכב משני קטעים המחוברים ביניהם במרכזיה (16) של משרד התקשורת.

תוכנת NCP משרתת 4 קוים אשר כולם מחברים מסופים מרוחקים ולכן נדרשים להם מודמים על קוי התקשורת. הקוים בין המסופים ליחידת הבקרה עוברים דרך מרכזיות אחדות של משרד התקשורת ושם מבוצע חיבור קבוע של כל קו. הקוים המחוברים ל־NCP מחולקים לשתי קבוצות:

א. קוים פרטיים 5,4,3 אשר כל אחד מהם קושר יחידת בקרה למסופים אחת ומסופים המחוברים אליה. בקצה קו 3 מחוברת יחידת בקרה (20) הפועלת במשטר קו SDLC, בקצה קו 5 מחוברת יחידת בקרה (21) הפועלת במשטר קו BSC, אל קו 4 מחוברת יחידת בקרה (25) במשטר קו BSC. קו 4 הוא קו חיוג והחיבור שלו משתנה בכל פעולה. המודם בקו זה הוא מודם־חיוג.

ב. קו 1 קושר יחידת בקרה לתקשורת 370X (17) נוספת אשר משמשת כמרכזת איזורית של רשת התקשורת המחוברת אליה. קו 1 הוא קו מהיר דו־מגמי. אל המרכזת האיזורית קשורים קוים רבים, אך בהמשך נתאר את קו 2

כקו מייצג. קו 2 הינו קו פרטי רב־נקודתי אשר עובר דרך שתי מרכזיות של משרד התקשורת. אליו מחוברות שלוש יחידות בקרה למסופים הפועלות במשטר קו SDLC. יחידת הבקרה 22 משרתת מסוף אחד, אל יחידת הבקרה 23 קשורים מספר מסופים ואל יחידת הבקרה 24 קשורים מסופים באמצעות לולאה.

חיבור יחידת הבקרה לתקשורת (15) אל ערוץ קלט־פלט (8) שונה עבור שירות EP ועבור שירות NCP. EP מחייב שני חיבורים של יחידת הבקרה אל הערוץ עבור כל אחד משני הקוים 7,6. ב־NCP ישנו חיבור אחד בלבד בין יחידת הבקרה והערוץ עבור כל הקוים הקשורים. מכאן שאין מגבלה למעשה בגודל רשת ב־VTAM-NCP בעוד שברשת BTAM-EP יש מגבלה על פי מספר הכניסות שאפשר להקצות לחיבור בין יחידת הבקרה והערוץ של המחשב.

מבנה הרשת

רשת התקשורת פועלת בצורה שונה בתחום יחידת הבקרה המקומית, תחום VTAM, תחום BTAM וקו החיוג.

א. יחידת בקרה מקומית

ההתקשרות בין המחשב לבין יחידת הבקרה המקומית לצגים (9) נעשה באמצעות ערוץ קלט־פלט (8) בשיטה דומה לחיבור לכל ציור היקפי אחר. קצב העברת הנתונים הוא מאות אלפי תוים לשניה (לפי מהירות הערוץ) לעומת קצב של אלפי סיביות ברשת תקשורת. פעולות הקריאה והכתיבה נעשות בעזרת תוכנית ערוץ (Channel Program)והעברת הנתונים נעשית באופן שונה מהעברת הנתונים בתקשורת, ולא נדון בה כאן.

ב. רשת BTAM-EP

רשת BTAM-EP מיוצגת בציור על ידי שני מסופי פתח־פסק (Start-Stop) המחוברים לקוים 6 ו־7. הפעלת הרשת נעשית על ידי תוכנית היישום "רישום נתונים" (6) אשר באמצעות פקודות מקרו של BTAMמבצעת **פתיחה** לוגית של הרשת והפעלת תהליך **חקירה** (אם המסופים עובדים בשיטה זו). אם המסוף היה כבוי בתחילת תהליך זה, לא יתקבל מענה לחקירה ויהיה על התוכנית להחליט אם להפסיק את התהליך או לנקוט בפעולות אחרות. ניהול משטר הקו הוא באחריותה של תוכנית רישום הנתונים.

ג. רשת VTAM-NCP

רשת VTAM-NCP מיוצגת בציור על ידי הקוים 5,4,3,2,1. למרכזיות שדרכן עוברים קוים אלו אין כל תפקיד בזרימת הנתונים בקוים הפרטיים, מכיון שהם קשורים באופן קבוע. בקו חיוג יוצרת המרכזיה את הקשר בין קטעי הקו מחדש בכל הפעלה.

מפעיל המחשב מעורר את הרשת על ידי הפעלת תוכנית VTAM אשר טוענת

את EP ואת NCP ליחידת הבקרה (15). עם הפעלתו מתחיל ה־NCP בתהליך חקירה לקוים 3 ו־5. בקו 1 משודרת אל יחידת הבקרה המרוחקת (17) תוכנית ה־NCP שלה שנטענת לתוכה ומתחילה בתהליך חקירה לקוים המחוברים אליה. גם לקו מס' 1 מבצע NCP (13) חקירה בלתי פוסקת.

אם יחידת הבקרה למסופים (22) או יחידת בקרה אחרת בקו 2 לא תענה לחקירה, יתחיל ה־NCP (17) בתהליך של טיפול בתחנה מקולקלת. זה נעשה בדרך כלל על ידי הקטנת קצב החקירה לתחנה זו ומתן שירות טוב יותר לתחנות הפעילות על הקו. אם כל יחידות הבקרה על קו 2 תהינה כבויות יודיע ה־NCP המרוחק בתשדורת ל־VTAM על הבעיה, ו־VTAM יציג את הבעיה לפני מפעיל המחשב.

נתאר מצב שבו מפעיל מסוף שמחובר ליחידת בקרה 24 מקיש בו "LOGON IMS". התשדורת תלקח במהלך החקירה אל ה־NCP המרוחק (17). ה־NCP המקומי יקבל את התשדורת במהלך החקירה של ה־NCP המרוחק, והוא יעביר אותה ל־VTAM. תערך בדיקה אם קיימת ומופעלת תוכנית בשם IMS ואם כן, תועבר התשדורת אליה ועליה יהיה להחליט אם ברצונה לקיים קשר עם המסוף או לאו. ניווכח שברשת VTAM-NCP מתבצעת זרימת הנתונים מהמסופים למחשב בלי קשר לפעילותה של תוכנית היישום.

ד. קו חיוג

בציור 9.7 מוצגת זרימת נתונים בקו חיוג. הנערה מרימה את שפופרת הטלפון שקשורה למודם ומחייגת למחשב, תוך שימוש ברשת החיוג של משרד התקשורת.



ציור 9.7: חיוג אל המחשב

החיוג עובר דרך המרכזיה המקומית (19) וממנה למרכזיה של איזור החיוג של המחשב (18). במרכזיה נעשית בדיקה כמו בשיחת טלפון רגילה, אם יש קו פנוי בכניסת החיוג של יחידת הבקרה המקומית 3705 (15). אם ישנם מספר קוי חיוג המחוברים ליחידת הבקרה, ניתן באמצעות ציוד ברירה של משרד התקשורת לחפש את הקו הפנוי כדי לקיים את הקשר. אין צורך להקצות מספר טלפון נפרד לכל קו. ציוד זה מקובל גם במפעלים בעלי מספר טלפון אחד ומספר קוי חיוג.

כאשר נוצר הקשר בין המסוף ליחידת הבקרה מתנהלת זרימת הנתונים כמו בקו פרטי. נהוג ששיטת הגישה (VTAM) מבקשת סימן זיהוי (user ID) ממפעיל מסוף שמתקשר בחיוג כדי להגן מפני התקשרות לא מורשה אל הרשת. אמצעי זה נוסף לאמצעי אבטחה אחרים, כמו שימוש בסיסמה, שהם באחריות תוכנית היישום.

ה. התמסורת והבקרה

לאחר יצירת הקשר בין תוכנית היישום למסוף מתחילה זרימת הנתונים ביניהם. כאשר התוכנית שולחת תשדורת למסוף, היא מועברת ל־VTAM אשר מוסיף את הכותרות הנדרשות ב־SNA ומעביר אותה ל־NCP. תוכנית NCP מפסיקה את תהליך החקירה ושולחת למסוף את התשדורת. לאחר מכן ממשיכה תוכנית NCP בתהליך החקירה.

המסוף בודק אם התשדורת תקינה על ידי שחזור תוי הבקרה הנשלחים בסוף התשדורת. אם התשדורת תקינה נשלח אישור ל־NCP על ידי קידום מוני SDLC. בנוסף, ניתן אישור ברמת הניהול הפונקציונלי של SNA בין המסוף לתוכנית היישום. אישור זה מועבר בתשדורת רגילה בעלת מבנה מוגדר מראש.



שולחן המנהל

פרק י':

רשתות מחשבים

הצגת הנושא

התפתחות התקשורת הספרתית ויישומי עיבוד בתקשורת מותנית בזמינותם של אמצעי קשר כדי לענות על תעבורת הנתונים. התמסורת נעשית בקוי־תקשורת לסוגיהם השונים אשר זמינותם לא הדביקה את קצב הפיתוח של היישומים ודרישות המשתמשים. לפיכך פותחו דרכים וכלים כדי להתגבר על מגבלה זו ולהגיע לניצול מירבי של הקוים הקיימים להעברת עומס התשדורות.

בפרקים קודמים דנו בנושאים הבאים:

- חיבור רב־נקודתי Multipoint Connection
- ריבוב חלוקת תדירות Frequency Division Multiplexing
- ריבוב חלוקת זמן Time Division Multiplexing
- מרכזות אזוריות Concentrators

דרישות המשתמשים

שלב נוסף בהתפתחות הביא את הדרישה לביזור העיבוד במערכת המחשב, בין היע"מ, יחידת הבקרה לתקשורת והמסופים. כדוגמה להתפתחות זו הוצגה **אר"מ** (SNA) של **יבמ** אשר איפשרה בשלב ראשון שיתוף מסופים בין יישומים שונים במחשב המרכזי. רשת אר"מ מאפשרת גם שילוב רשתות יעודיות נפרדות לרשת אחת של הארגון ובכך חשיבותה הרבה. הרשתות יכולות להיות קשורות אל מחשב אחד או אל מחשבים אחדים המרוחקים זה מזה ופועלים ביניהם בתקשורת.

משתמשים רבים היו לבעלי מחשבים אחדים אשר אינם מותקנים באתר אחד. סיבות שונות לכך וביניהן,

- ביזור גיאוגרפי (בנקים, תעשיה, סוכנויות),
- גיבוי למתקן המחשב על־ידי מחשב הנמצא באתר מרוחק,
- כוח חישוב נוסף המסופק בעת הצורך על־ידי מחשב באתר אחר,
- חברות רב־לאומיות אשר להן מחשבים במדינות שונות ויש צורך להעביר

ביניהם נתונים.

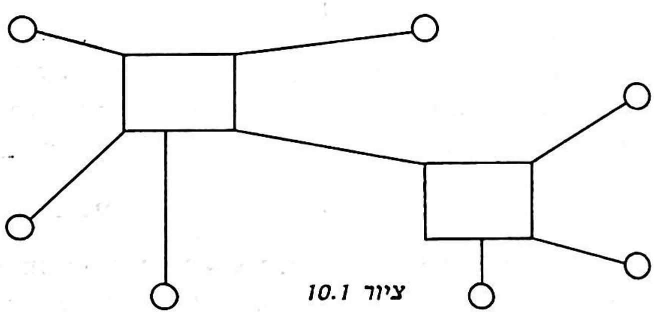
משתמשים אלו ביקשו לאפשר למחשבים להתקשר זה לזה כדי להיות מערך עיבוד נתונים אחד ללא תלות במיקום הפיסי של המחשבים השונים. הדרישה היתה להעביר נתונים בין המחשבים, להעביר עבודות לביצוע אל מחשב אחר ולאפשר לכל מסוף המחובר לכל מחשב להתקשר אל מחשב כלשהו מבלי תלות במיקומו הפיסי. למעשה, השאיפה היתה להגיע לכך שכל המחשבים השייכים לארגון יראו למשתמש כרשת משולבת אחת, במערך אחד.

בניית רשת משותפת הוליכה בדרך כלל לניצול טוב יותר של הקוים והמסופים ונתנה גיבוי לרכיבים השונים של הרשת. עיקר תרומתה של הרשת המשותפת בכך שהעמידה את משאבי הארגון לרשות משתמשים רבים ודרשה פחות מסופים מאשר ברשתות היעודיות הנפרדות הקשורות למחשב אחד או למחשבים שונים.

רשתות, צמתים ונתיבים

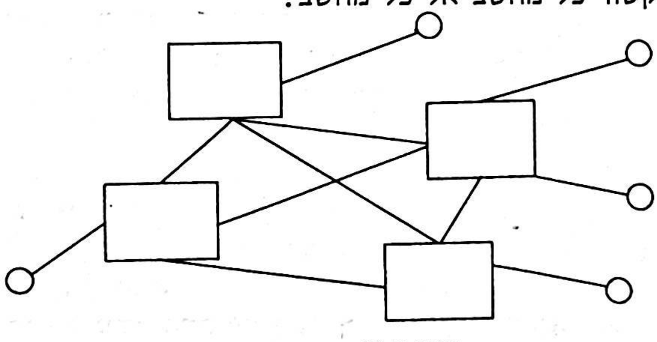
המונח **רשת** (Network) מקורו במבנה מערך המחשבים (יותר משניים) הקשורים זה לזה. לכל מבנה יתרונות וחסרונות, מגבלות ואילוצים אשר על כמה מהם נעמוד בהמשך.

ברשת כוכב קיים מחשב אחד מרכזי ואליו קשורים מחשבים אחרים.



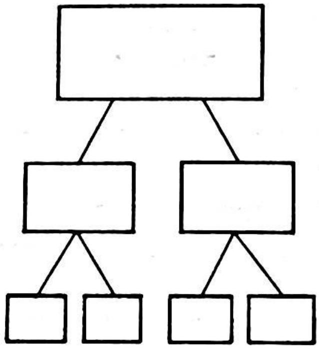
ציור 10.1

ברשת יהלום קשור כל מחשב אל כל מחשב.



ציור 10.2

ברשת היררכית קשורים כל המחשבים אל מחשב אחד במידרוג היררכי.



ציור *10.3*

אל כל מחשב ברשת קשורים בדרך כלל מסופים ולפחות עוד מחשב אחד נוסף. המחשב ברשת התקשורת קרוי **צומת** (Node) וקו תמסורת הנתונים שבין צומת אחד לשני קרוי **נתיב** (Path, Route).

מיתוג ברשתות ציבוריות

להעברת מידע ספרתי ברשת הנתונים (Data Network) קיימות טכניקות אחדות:

- מיתוג קוים Line Switching
- מיתוג תשדורות Message Switching
- מיתוג מנות Packet Switching

חברות הטלפונים, או כפי שהן קרויות בעולם Carrier Servicers, עמדו על הפוטנציאל העסקי הטמון בנושא זה. החל מסוף שנות השישים נעשו נסיונות ליצור רשתות על בסיס ארצי כדי לתת שירותי תקשורת ספרתית לכל דורש. רשתות אלו ידועות בשם **רשתות נתונים ציבוריות**, או PDN (Public Data Network).

מיתוג קוים

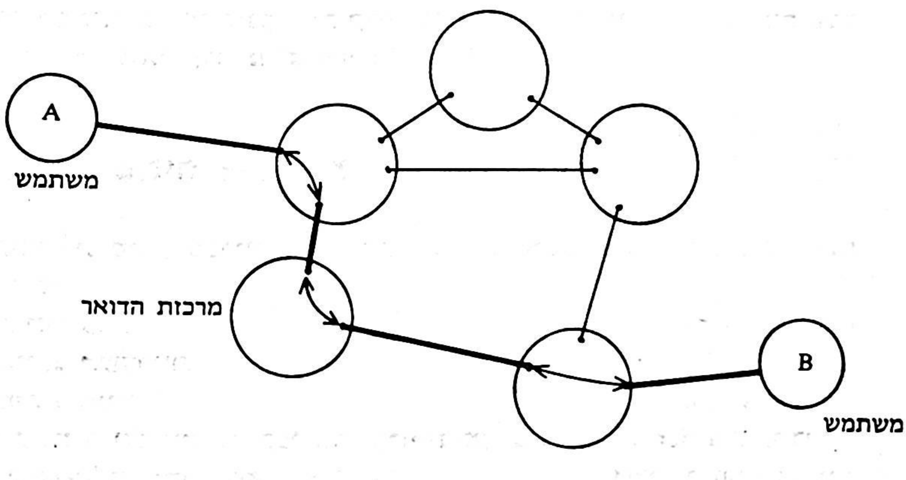
במיתוג קוים נוצר הקשר בין משתמשי הקצה (מסופים, מחשבים) בשלושה שלבים: חיוג, העברת נתונים, ניתוק הקשר. בשיטה זו נוצר אפיק נל״ן דו־מגמי למשך ביצוע התמסורת בין משתמש הקצה לבין המחשב. עם סיום תמסורת הנתונים ניתק הקשר.

מבחינת נוחות השימוש, הפשטות, יעילות ניצול הקו ושיטת החיוב עבור הקשר, נראית שיטה זו כטובה ביותר. ואמנם, עוד בשנת 1967 הוקמה רשת

נתונים ציבורית בקנדה – Broadband Exchange Service, ובשנת 1972 הוקמה רשת כזו בצרפת – CADUCEE. רשתות אלה הציעו שירותי נל"ן דו־מגמי בחיוג עד לקצבים של 4,800 ס"ש תוך שימוש במעגלי מיתוג דיבור ובציוד חיוג אוטומטי בצד המסוף והמחשב. הבעיה העיקרית במרכזיות המיתוג הוא זמן המיתוג. על־ידי הגבלת מספר מרכזיות המיתוג, הצליחו להגיע ברשתות אלו לזמני מיתוג של שניה אחת לתקשורת מקומית ו־2 עד 3 שניות לתקשורת בין עירונית. לשם השוואה, מיתוג בחיוג ידני בחוגה נמשך כ־15 שניות.

התקדמות חלה בנושא עם הופעת מערכות מיתוג ספרתי שנתנו זמני מיתוג של שניה אחת או פחות. רשת ציבורית כזו הוקמה בארה"ב בשנת 1974 בשם DATRAN Data Dial. הרשת מאפשרת שידור בקצבים של 2.4, 4.8 ו־9.6 אלפי ס"ש באחוז שגיאות קטן משגיאה אחת על כל 100,000 סיביות משודרות.

שיטת מיתוג קוים קרויה לעיתים **מיתוג מעגלים** או **מיתוג ישיר** (Circuit Switching).



ציור 10.4: מיתוג קוים

מיתוג תשדורות

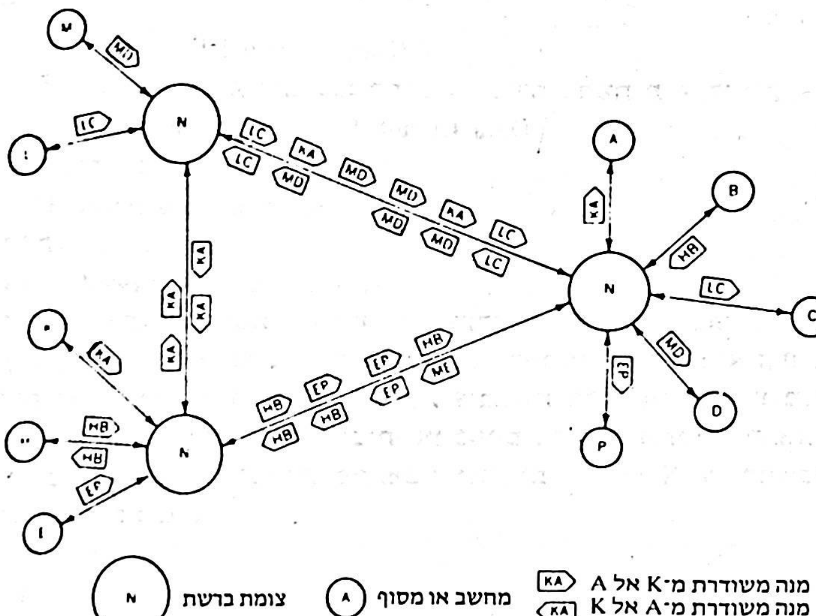
בשיטה זו כל צומת ברשת אוסף תשדורת שלימה, בודק לפי הכותרת למי היא מיועדת, ומעביר אותה בשלימותה לצומת הבא המוביל אל הנמען. כל צומת מסוג זה צריך להיות בעל מאגרים שיספיקו להכיל תשדורות שלימות. האמינות בשיטה זו היא טובה כי כל צומת אחראי על שלימותה ותקינותה של התשדורת. החסרון הוא שזמני התגובה עלולים להיות ארוכים כיון שאין מעבירים את התשדורת מצומת אחד לשני אלא לאחר שהיא נקלטה בשלימותה ללא תקלות.

הניתוב ברשתות אר"מ הינו ברמה של תשדורות.

מיתוג מנות

רמת השירות של הרשת נמדדת גם בזמן התגובה שהוא משך הזמן מיצירת אירוע על־ידי המשתמש עד אשר הוא מקבל תשובה או תגובה לאירוע זה. אפשר להשיג זמן תגובה יותר טוב ברשת אם במקום העברת תשדורות שלימות יועברו בה חלקי תשדורת – **מנות** (Packet).
הניתוב של המנות אל יעדן הסופי נעשה בנתיבים פנויים ועל כן חלקים שונים של תשדורת אחת עשויים להגיע אל הנמען בנתיבים שונים, במקביל ובסדר כלשהו. הרכבת המנות לתשדורת שלימה נעשית בצומת המען. גודל המנה אינו קבוע והוא נקבע בכל רשת לפי תנאיה. גוף המנה, התמליל, יכול להכיל מ־128 ועד 8000 סיביות. בנוסף מכילה כל מנה כותרת הכוללת נתונים הדרושים לבקרת הרשת.

כל צומת המקבל מנה המיועדת לצומת אחר ברשת, מעביר אותה בנתיב הפנוי האפשרי בהתאם לנוהלי הרשת. אחריות הצומת לקבל את המנה בשלימות וללא שגיאות. אם חלה שגיאה בשידור לא ניתן אישור קבלה ואז יבוצע שידור חוזר. בצומת המען מתבצע איסוף המנות הנפרדות שנקלטו לתשדורת שלימה. אם יש תקלה והתשדורת אינה שלימה, באחריות צומת זה לבצע את השיקום של התשדורת בהתאם לנוהלי הרשת. שיטת השיקום מורכבת בהרבה מזו הקיימת במיתוג תשדורות.



ציור מס. 10.5: מיתוג מנות

הרשת הידועה ביותר הפועלת בשיטת מיתוג מנות היא רשת ARPA (Advanced Research Projects Agency). המיתוג ברשת זו נעשה באמצעות מחשבונים הקרויים IMP (Interface Message Processor) אשר בצמתים, והמיתוג הוא תפקידם העיקרי. המחשבונים קשורים ביניהם בקוי נל"ן פרטיים החכורים משירותי הטלפון של ATT והם פועלים בקצבי תמסורת של 50K ס"ש עד 250K ס"ש. אל מחשבוני הצומת מתקשרים מחשבי עיבוד הנתונים של האוניברסיטאות ומכוני המחקר השונים, מעל 50.

תקני חיבור לרשת

חיבור המחשבים לרשתות אנלוגיות הוסבר בהרחבה בפרק הדן במודמים. תקן המישק הוגדר על־ידי CCITT V.24/V.28 ועל־ידי EIA RS232 לגבי קוי חיוג הוגדרה שיטת חיבור על־ידי CCITT V.25 ועל־ידי EIA RS366.
תקנים אלו דנו גם בחיבור יחידת חיוג אוטומטית (Automatic Calling Unit).

בשנת 1976, עם התפתחות הרשתות הציבוריות, עיבדה CCITT את תקני "X" אשר הגדירו משטרי קו של רשתות ציבוריות ואת הנוהלים לחיבור מסופים בקוים פרטיים, בקוי חיוג ובמיתוג מנות.

המושגים המופיעים בתקנים אלו:

- מסוף
  DTE (Data Terminal Equipment)
- סיים מעגל נתונים, מתאם לקו המקביל למודם ברשתות אנלוגיות
  DCE (Data Circuit Terminating Equipment)
- ציוד מיתוג ברשת נתונים ציבורית
  DSE (Data Switching Equipment)
- רשת מיתוג מנות
  PSN (Packet Swiched Netwerk)

תקני "X" התאימו לרשתות אנלוגיות הפועלות עם מודמים, כפי שהוסבר בפרקים קודמים, מכיוון שרוב הציוד הפועל כעת הינו מסוג זה. עם זאת, עיקר מטרתם להגדיר את תקן החיבור לרשתות ציבוריות הפועלות במיתוג מנות ומשתמשות בציוד חדיש למיתוג ספרתי או בקוים פרטיים. התקנים הנפוצים ביותר הם תקן X.21 הדן במישק למסופים סינכרוניים ותקן X.25 הדן במשטרי תקשורת למיתוג מנות.

תקן X.21

הרשתוות הראשונות שיישמו את X.21 הוקמו בשנת 1979 ביפן ובארצות סקנדינביה. היתרונות של תקן זה לעומת תקני "V":

א. המסוף מחובר למודם במחבר בעל 15 פינים כאשר הבקרה על הקשר אינה

X.1	רמות השירות של רשת ציבורית (PDN).
X.2	אמצעים לרשות משתמש הקצה ברשת ציבורית.
X.3	פירוק ואיסוף מנות ברשת ציבורית.
X.20	מישק בין מסוף (DTE) לבין סיים מעגל הנתונים (DCE) עבור מסופים אסינכרוניים.
X.20 BIS	חיבור של מסופים אסינכרוניים לרשת ציבורית.
X.21	מישק בין מסוף DTE לבין סיים מעגל הנתונים DCE עבור מסופים סינכרוניים.
X.21 BIS	חיבור של מסופים סינכרוניים לרשת ציבורית בעלי מודמים המתאימים לתקני "V".
X.25	רמות בקרה ברשת ציבורית הפועלת במיתוג מנות

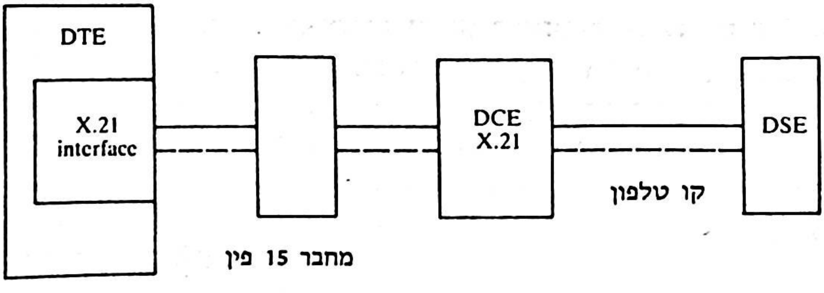
ציור 10.6: רשימה חלקית של תקני "X" של CCITT

נעשית באמצעות אותות בקוים נפרדים כמו ב־V.24, אלא על־ידי צירופי קודים המשודרים על קוי הקליטה והשידור. בצורה זו ניתן יהיה בעתיד להוסיף תפקידים נוספים למישק מבלי להתחשב בכמות הפינים.

ב. התקן מאפשר חיבור של המסוף (DTE) וסיים מעגל הנתונים (DCE) במרחק של עד 1,000 מטר זה מזה בקצב של 100K ס"ש או במרחק של 10 מטר ובקצב של 10Mס"ש, בהשוואה ל־V.24 שאיפשר קצב עד 20K ס"ש במרחק של עד 16 מטר.

ג. התקן מאפשר למרכזית החיוג להעביר למסוף מידע כגון, המנוי הסופי תפוש, מספר לא חוקי, נתק בשיחה וכד'.

כפתרון זמני לחיבור מסופים שנבנו עם מישק לפי תקן V.24 אל רשת מסוג X.21 הוגדר התקן X.21 BIS. תקן זה מגדיר מישק שהופך את האותות המתקבלים ממסוף V.24 לסדרת אותות המתאימים לרשת X.21.



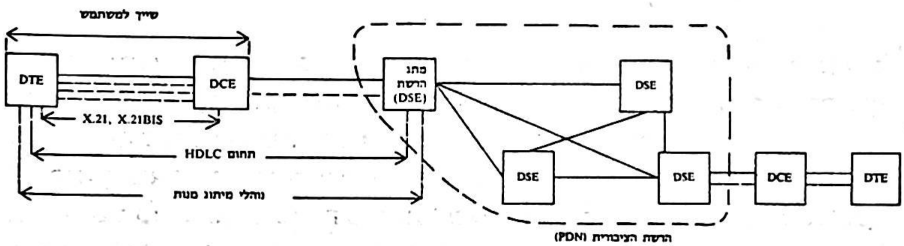
ציור 10.7: התחברות לקו פרטי או קו חיוג לפי תקני "X"

תקן X.25

התקן X.25 מגדיר את צורת הניתוב ברשת מיתוג מנות. לרוב המסופים הפועלים כיום אין מישק המתאים לתקן זה, ולכן נכתבו התקנים X.3, X.28 ו־X.29 אשר מגדירים את צורת החיבור של מסופים אסינכרוניים לרשת זו.

תקן X.25 מגדיר שלוש רמות בקרה ברשת:

- **רמה א** הינה תת־קבוצה של תקן X.21 והיא מגדירה את האותות והפינים של המישק בין המסוף (DTE) לבין סיים מעגל הנתונים (DCE).
- **רמה ב** מגדירה את משטר הקו בין המסוף לבין המתג ברשת (המתג הוא הצומת המנתב הראשון אשר המסוף קשור אליו). משטר הקו הוא תת־קבוצה של HDLC.
- **רמה ג** מגדירה את מבנה המנה מבחינת תוכן שדות הכותרת, אורך אפשרי למנה, שיטת ההתקשרות לרשת, שיטת הניתוב, טיפול בתקלות, בקרה על תעבורת המנות, שיטת חיוב, ועוד.



ציור 10.8: רמות בקרה ב־X.25

רשתות ציבוריות

הרשתות הציבוריות העומדות לקום בשנים הקרובות מתוכננות לעבוד בחלקן עם קוים פרטיים וחלקן עם קוי חיוג. השימוש בתקני "X" יהיה בחלק גדול מהרשתות אבל עדיין מרבים להשתמש בתקני "V". לגבי שיטת הניתוב, חלק מהרשתות משתמש במיתוג תשדורות וחלקן במיתוג מנות לפי תקן X.25. בשנת 1982 תוקם בישראל רשת ציבורית בשם ISRANETשתפעל בשיטת חיבור לפי תקני X.21 BIS, X.21. הרשת תפעל בקצבים של 4800 ס"ש בקוי חיוג ועד 64K ס"ש בקוים פרטיים. שיטת המיתוג תהיה לפי תקן X.25.

מודלים ארכיטקטוניים

היישום של רשתות מחשבים ורשתות ציבוריות עדיין בחיתוליו. למרות שכבר

קיים מספר לא קטן של רשתות אלו, אין עדיין שיטה אחידה או תקן מוסכם בענין זה. חברות המחשבים, חברות טלפונים או ארגונים גדולים אשר פיתחו רשתות קבעו תקנים שונים לחומרה, תוכנה ונוהלי רשת. עם הרחבת השימוש ברשתות ועליית רמת ההתעניינות בנושא התחילו ליצור תקנים ומודלים על־ידי ועדות בינלאומיות שונות. המניע ליצירת התקנים הוא הרצון לשמור על אופציה של חיבור רשתות פרטיות אל רשתות ציבוריות או חיבור של מסוף מכל סוג שהוא אל כל רשת שהיא.

רשתות של חברות מחשבים

בפרק ט' תוארה הארכיטקטורה SNA אשר נבנתה על־ידי חברת יבמ לצורך יצירת סטנדרטיזציה בנוהלי ההתקשרות בין משתמשי קצה: תוכניות יישום במחשבים שונים, או מפעיל מסוף ותוכנית יישום.

חברת HP פיתחה את רשת HP-DSN, אשר מאפשרת שילוב מודולים שונים באופן הדרגתי. בציור 10.10 מוצגת רשת HP-DSNמורחבת אשר תומכת במבנים שונים: מערכות מבוזרות, רשת יהלום, רשת היררכית ומערכת כוכב.

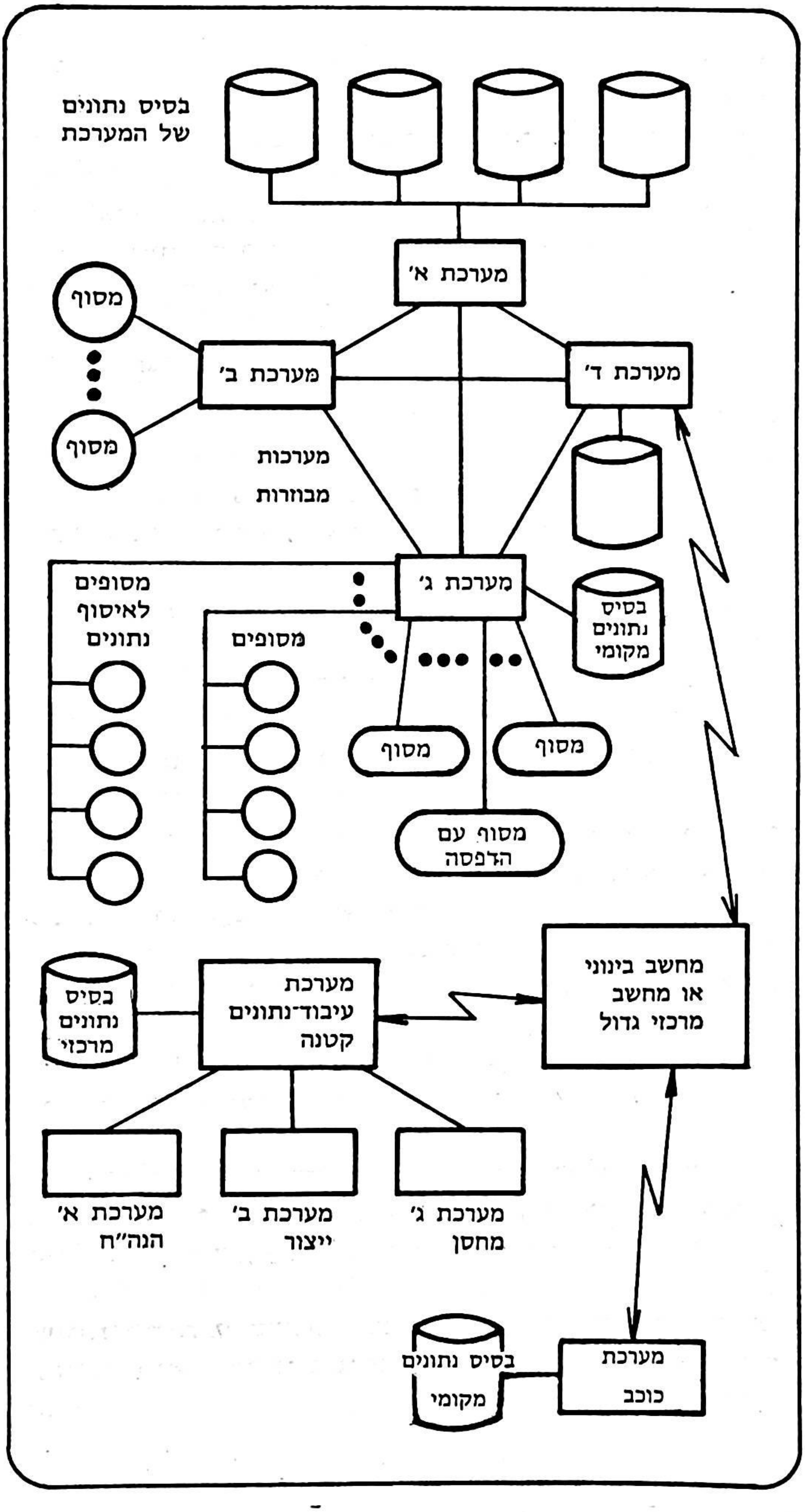
חברת DEC פיתחה מודלים של רשת היררכית ורשת יהלום לחיבור מחשבי PDP אשר היא משווקת. הרשת קרויה DECNET והיא מבוססת על שיטת פיתוח הדרגתית: המשתמש מפתח יישומים על מחשב אחד ומצרף אליו מחשבים נוספים כפי שנדרש. חיבור המחשבים נעשה באחת משתי ארכיטקטורות הרשת של DECNET.

כבסיס למבנה הרשת ותיפקודה משמשת ארכיטקטורת הרשת הנקראת DNA (Digital Network Architecture). זוהי המסגרת המתארת את האמצעים, התקנים ונוהלי ההתקשרות המאפשרים הקמת רשת התקשורת. מסגרת־על של ארכיטקטורת רשת נותנת למשתמש אפשרות לחבר סוגים שונים של מחשבים הפועלים תחת מערכות הפעלה שונות, ברשת אחת. היא מאפשרת לו לנצל אמצעי תקשורת ונוהלי תקשורת עתידיים, בלי לפגוע בבסיס הקיים של תוכנה יישומית. ל־DNA מבנה רב־שכבתי בו מופקדת כל אחת מן השכבות על ביצוע חלק מפונקציות התקשורת.

רמת המשתמש מגדירה את הכלים העומדים לרשות תוכנית היישום ואת הכללים לשימוש בהם. אמצעים אלה כוללים הקמת אפיק קשר לוגי בין תוכניות, העברת הודעות בין תוכניות טיפול בשגיאות וכו'.

רמת שירותי הרשת מופקדת על הקמת אפיק נתונים לוגי בין שני צמתים ברשת, גם אם אינם מחוברים בקשר פיסי ישיר, ופיקוח על העברת התשדורות בין קצות האפיק.

רמת התקשורת מבצעת את התקשורת בין צמתים המחוברים בקו פיסי.



ציור 10.9: רשת DSN מורחבת

תהליך העברת תשדורות ברשת מבוסס על העברת תשדורות בין שכבות. במחשב השולח, מקבלת כל שכבה את התשדורת מקודמתה, מוסיפה עליה את נתוני הבקרה של נוהל התקשורת המתאים, ומעבירה אותה לשכבה שמתחתיה. במחשב המקבל מתבצעת הפעולה בסדר הפוך, כאשר כל שכבה מקבלת את התשדורת, מורידה ממנה את נתוני הבקרה ומעבירה אותה לשכבה שמעליה.

משפחת מוצרי תוכנה המיישמים את הפונקציות שתוארו על־ידי ארכיטקטו־רת הרשת מעמידים לרשות המשתמש מערך כלים שבאמצעותם יוכל להקים רשת תקשורת בין מחשבים שונים ומערכות הפעלה שונות. כל אחד מהמוצרים במשפחה מאופיין על־ידי:

– הפונקציות העומדות לרשות המשתמש.
– שיטות ההתקשרות הנתמכות.

הפונקציות הנתמכות על־ידי תוכנה לנהול רשת:

א. תקשורת בין תוכניות: אפשרות להקים אפיק תקשורת לוגי ולהעביר תשדורות בין תוכניות הפועלות במחשבים שונים. זוהי התכונה הבסיסית של תוכנת רשת התקשורת, ובאמצעותה מיושמות כל הפונקציות האחרות.

ב. העברת קבצים: אפשרות ליזום העברת קובץ בין מחשבים על־ידי פקודת מפעיל. העברת הקובץ מתבצעת על־ידי התקשרות בין תוכניות שירות הפועלות בצמתים. תוכנית השירות בצומת השולח מקימה אפיק תקשורת עם תוכנית השירות המתאימה בצומת המקבל ומעבירה את רשומות הקובץ כתשדורות.

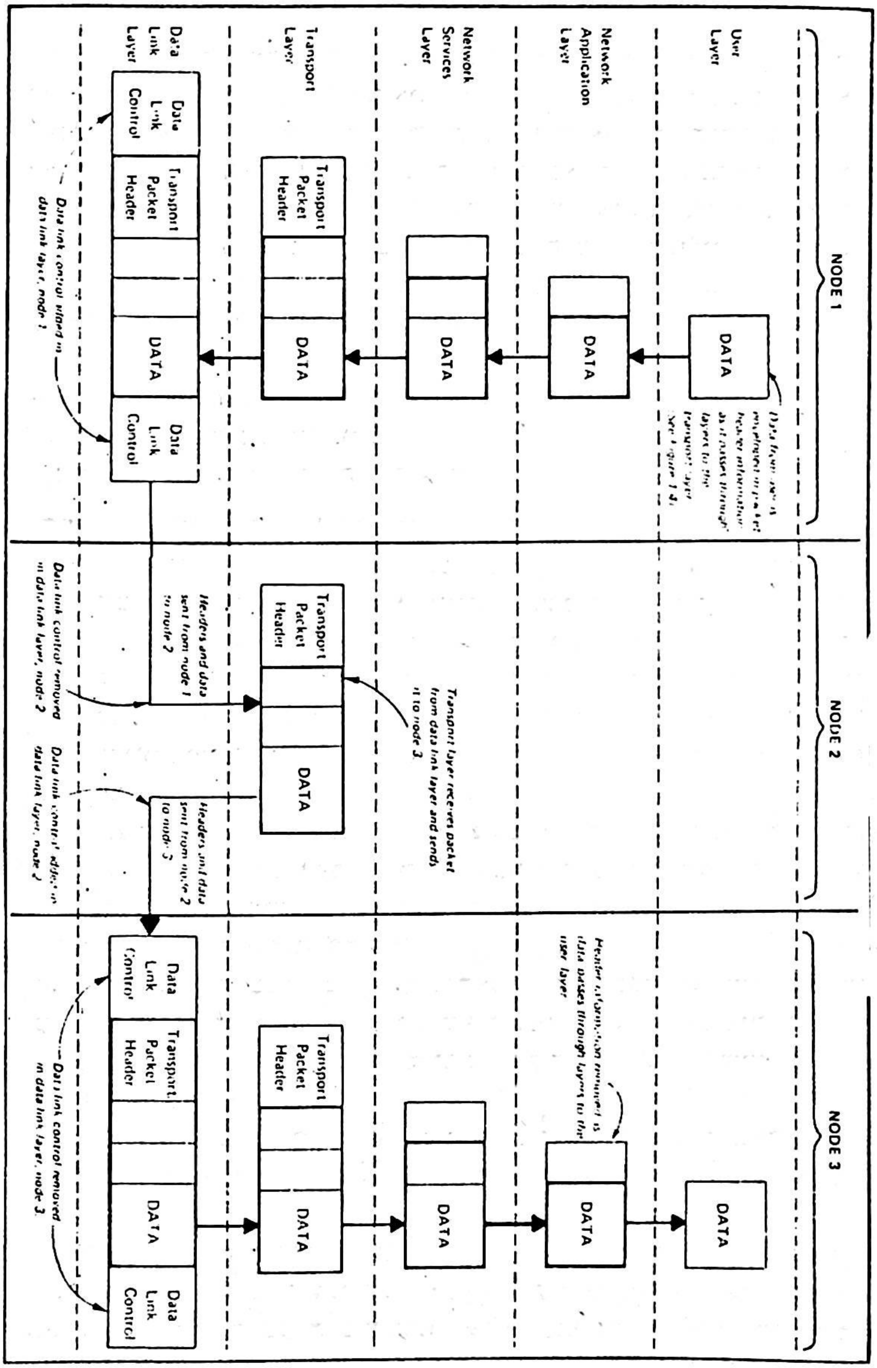
ג. גישה למשאבים מרוחקים: תכונה זו מאפשרת לתוכנית לבצע קלט־פלט ביחידה המחוברת למחשב מרוחק. הגישה מתבצעת על־ידי הקמת אפיק לוגי בין תוכנית היישום לבין תוכנית השירות הפועלת בצומת המרוחק והעברת הנתונים כתשדורת.

ד. הפעלת תוכניות במחשב מרוחק: האפשרות להפעיל תוכניות במחשב מרוחק מיושמת על־ידי תקשורת בין תוכניות שירות. התוכנית הפועלת בצומת המקבל מעבירה את סידרת הפקודות לביצוע על־ידי מערכת ההפעלה המקומית.

ה. ההתחברות למחשב מרוחק כמסוף מדומה: באמצעות תוכניות שירות מתחבר המסוף למערכת ההפעלה של המחשב המרוחק ופועל כמסוף מקומי.

ו. טעינת מערכת ההפעלה או תוכנית יישום דרך קו התקשורת: תכונה זו מאפשרת שימוש במחשבי קצה זעירים ללא אמצעי איחסון מקומיים. טעינת מערכת ההפעלה מתבצעת על־ידי תוכנית מיוחדת המותאמת לקריאת נתונים דרך קו תקשורת. טעינת תוכניות יישום מתבצעת על־ידי תוכנית שירות מתאימה.

ז. ניהול הרשת: התוכנית מאפשרת למנהל לפקח על זרימת התשדורות ברשת



ציור 10.10: העברת תשדורת מצומת 1 לצומת 3 דרך צומת 2

על־ידי הפעלת או הפסקה של צמתים וקוים, ופיקוח על הפרמטרים הקובעים את ניתוב התשדורות. היא מאפשרת איסוף נתונים על תנועת התשדורות ברשת, שכיחות השגיאות וכו'.

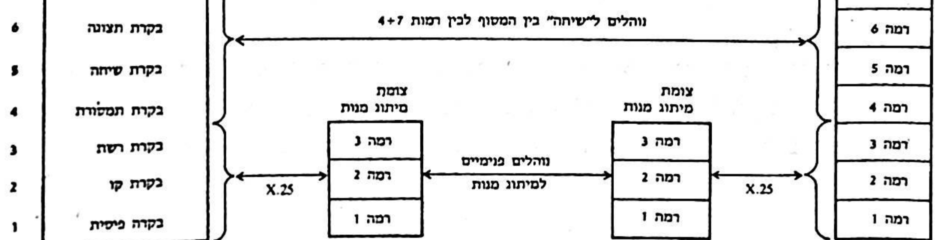
ח. הפעלת תוכניות בדיקה: ניתן להפעיל תוכניות במחשב מרוחק כדי לבדוק את תקינותו או את תקינות יחידות הבקרה לתקשורת ותקינות הקוים.

מודל של רשת ISO

בשנת 1977 החליט הארגון הבינלאומי לתקינה International Standards)ISO Organization) להקים ועדה לבחינת "חיבור מערכות פתוחות" Open) OSI Systems Interconnection). ביוני 1979 פורסמה טיוטת הצעה למודל והוחל בפעולת תקינה של נוהלי תקשורת. בדצמבר 1980 פורסמה מהדורה מעודכנת של המודל אשר עומד להצבעה לשם אישור כתקן בינלאומי. מן הראוי לציין שמודל המערכת הפתוחה דומה במידה רבה למודל **אר"מ** (SNA) של יבמ.

מטרתו של מודל ISO להגדיר תקנים לרמות הבקרה הנדרשות לתקשורת אשר יאפשרו ליישומים במערכות שונות להחליף ביניהם נתונים. מערכת הפועלת לפי תקנים אלו תיקרא **מערכת פתוחה** ותוכל להתקשר אל מערכות פתוחות אחרות המשתמשות באותם התקנים. תקנים אלו אינם מגדירים את המבנה או היישום של מערכות פתוחות, אלא רק את נוהלי התקשורת שלהן. המערכת כוללת את הצומת הפיסי (המחשב) ברשת התקשורת ואת התוכנה, המסופים ובני האדם המפעילים אותם.

מודל המערכת הפתוחה מושתת על עיקרון החלוקה של המערכות ל־7 תת־מערכות, ובמקביל – חלוקת התקשורת ביניהן ל־7 רמות גם־כן. לכל תת־מערכת תפקידים מוגדרים והיא מבצעת אותם תוך קבלת שירות מתת־המערכת ש"מתחתיה" וכדי לתת שירות מורכב יותר לתת־המערכת ש"מעליה". בעזרת הרמות הנמוכות ממנה, יכולה תת־מערכת מסויימת לבצע תהליכי תקשורת עם תת־מערכת מקבילה הנמצאת באותה רמה במערכת אחרת.



ציור 10.11: המערכת הפתוחה של ISO

התפקידים של רמות הבקרה השונות:

רמה 1 – **בקרה פיסית** – אחראית לחיבור, תפעול וניתוק של אמצעי קשר אלקטרוניים לשם העברה "שקופה" של סיביות בין צמתים סמוכים. ביתר פרוט: מוגדר הקשר בין המחשב או המסוף (DTE) לבין סיים מעגל הנתונים (DCE) שהוא מודם או ציוד חליפי בהתאם לשיטת התמסורת ברשת.

רמה 2 – **בקרת קו** – או **בקרת חוליית הנתונים** – מנהלת ומפעילה את הקשר הפיסי. היא מנהלת את הגישה לאפיק הנתונים, מווסתת את התעבורה ומתגברת על שגיאות. על־ידי כך היא מאפשרת לרמה שמעליה למסור נתונים מצומת סמוך ללא שגיאות. בקרת הקו נעשית בנוהל HDLC אשר SDLC הינו תת־קבוצה שלו.

רמה 3 – **בקרת הרשת** – אחראית על ניתוב ומיתוג הנתונים ברשת וביצוע תיווך בין מערכות שאינן סמוכות. בין שאר תפקידיה: ריבוב נתונים על אפיק תמסורת אחד, פירוק ואיסוף גושים לשם התאמה לגודל הנדרש ברמה 2.

בקרת הרשת מוגדרת בתקן X.25.

רמה 4 – **בקרת תמסורת** – עוסקת בשירות הניתן למשתמשי קצה. היא מטפלת בניתוב, אבטחת נתונים, בקרת הזרימה וטיפול בשגיאות. תפקידה לקיים את רמת השירות למשתמשי הקצה שהובטחה לרמה 5.

רמה 5 – **בקרת שיחה** – מטפלת ביצירה והפסקה של הקשר הלוגי בין משתמשי הקצה. רמה זו קובעת את התקנים לשיחה בין משתמשי הקצה. היא עוסקת גם באבטחת הגישה של המשתמשים במערכת, שיקום לאחר ניתוקים ברמה 4, חיוב צרכנים על שימוש במשאבים, ועוד.

רמה 6 – **בקרת תצוגה** – קובעת את מבנה התשדורות עבור כל סוגי המסופים (DTE) שנתמכים ברשת. תשדורות שמיועדות לתוכניות, למצגים ולמדפסות הינן בעלות מבנה שונה זו מזו. בקרת התצוגה עורכת את הנתונים לפי הדרישות של הצרכן ברמה 7.

רמה 7 – **תוכנית יישום** – הינה האמצעי שדרכו מבקש ומקבל המשתמש את שירותי הרשת.

תקן המערכת הפתוחה של ISO מותאם ל־V.24 עבור רשתות אנלוגיות ול־X.21 עבור רשתות ספרתיות. עד עתה נכתבו פרקי התקן לרמות 3,2,1, בלבד המטפלות בתקשורת ברשת. התקנים ברמות 5,4 יבנו כנוהלים יחידים לתמסורת ולשיחה בין משתמשי קצה. הנוהלים ברמות 7,6 יכילו נוהלים המתאימים ליישומים שונים.

פרק י"א:
עיבוד נתונים מבוזר

התפתחות עיבוד הנתונים בארגון

עיבוד נתונים מבוזר – ענ"מ DDP (Distributed Data Processing) הינו שלב בהתפתחות עיבוד הנתונים בארגון. על הארגון עובר תהליך בלתי פוסק של שינויים במבנה אשר נובעים מתהליכי הצמיחה שלו ובאים לידי ביטוי בהקמת יחידות חדשות ובשינויים בחלוקת הסמכויות בין היחידות. שינויים אלו הינם בעלי משמעות איכותית מבחינת מורכבות דרכי ניהולו של הארגון ומורכבות הכלים העומדים לרשותו להשגת מטרותיו. ריבוי היחידות ומורכבותם של התהליכים אינם מאפשרים להנהלה מרכזית לנהל באופן עצמאי את כל פעילויות הארגון. אחת הדרכים המאפשרות לה להשיג שליטה ובקרה היא הענקת סמכויות ליחידות לבצע חלק ממטלות הארגון באופן עצמאי אך בשילוב עם מכלול הפעילויות והמשימות של הארגון.

במקביל לתהליך הביזור בארגון מתקיימים גם תהליכי ביזור בתחום עיבוד הנתונים. תהליכים אלו מורכבים בפני עצמם ומורכבותם גדלה עקב השילוב בתהליכים הארגוניים. ההתפתחות הטכנולוגית בתחום עיבוד הנתונים ומערכות התקשורת תרמה לאפשרות קיום השליטה והבקרה על יחידות ארגוניות מבוזרות ומאידך, היא גם איפשרה להאיץ ביזור ארגוני. יחידות הארגון אשר קיבלו סמכויות ביצוע עצמאיות נזקקו לכלים בתחום עיבוד הנתונים אשר יאפשרו להם פעילות עצמאית אך משולבת עם פעילות עיבוד הנתונים של הארגון כולו. עיבוד נתונים מבוזר הינו על־כן מסגרת ושיטה לפעילות המציעה מגוון רחב של אפשרויות המכוונות להגשים את פונקציית עיבוד הנתונים בארגון. גישה זו נתקלת בהתנגדות של יחידת עיבוד הנתונים המרכזית אשר רואה בביזור עיבוד הנתונים סכנה למעמדה הלבדי. ההנהלה רואה בחלוקת הסמכויות אמצעי לקידום יעדיה ויחידת העיבוד רואה בביזור תחרות. לפיכך תהליך ביזור עיבוד הנתונים כרוך בהתנגדות, במאבקים ובפשרות.

העיבוד במערכת מרכזית

מערכות עיבוד הנתונים המרכזיות בארגון פעלו בתחילה באצווה ביישומים

של הפקת משכורות, רישום מלאי, הנהלת חשבונות וכד׳. הפלט של היישום היה דו״חות תקופתיים אשר נמסרו לבעלי התפקידים השונים בארגון כדי לסייע להם בעבודתם ולשם תמיכה בקבלת החלטות.

לחצים עסקיים הניעו את המשתמשים לחפש פתרונות טובים יותר לרמת השירות של מערכות האצווה. הסיבה לכך היתה בעיקר זמן הסבב ופער הזמן בין התרחשות האירועים לבין קבלת המידע המעודכן. הצעד הבא היה השימוש במסופים אשר איפשרו למשתמש להזין נתונים כחלק בלתי נפרד מעבודתו ולקבל תשובה מיידית. התרומה החשובה היתה הגדלת הפריון הכולל והגדלת אמינות הנתונים. אמינות הנתונים הושגה על־ידי הזנת האירוע בזמן ההתרחשות



ציור 11.1: התכנון הניהולי של ענ״מ

בידי יוזם הפעולה אשר יכול היה לבדוק ולאמת אותם. לכאורה היה בכך פתרון שלם וטוב כי הושגו בעזרתו:

- הבלטת אחריות המשתמש לקלט שהוא מזין;
- חסכון על־ידי מניעת כפילות באנשים וציוד לטיפול בנתונים;
- ניצול אופטימלי של משאבים (כישורים, נתונים, תוכניות);
- פיקוח ניהולי מרכזי;
- ניצול היתרון לגודל של המערכת המרכזית (Economy of Scale)
- תשובה למגוון דרישות המשתמשים.

במציאות לא יכלו מערכות עיבוד מרכזיות בתקשורת לענות על בעיות הארגון מסיבות אלו:

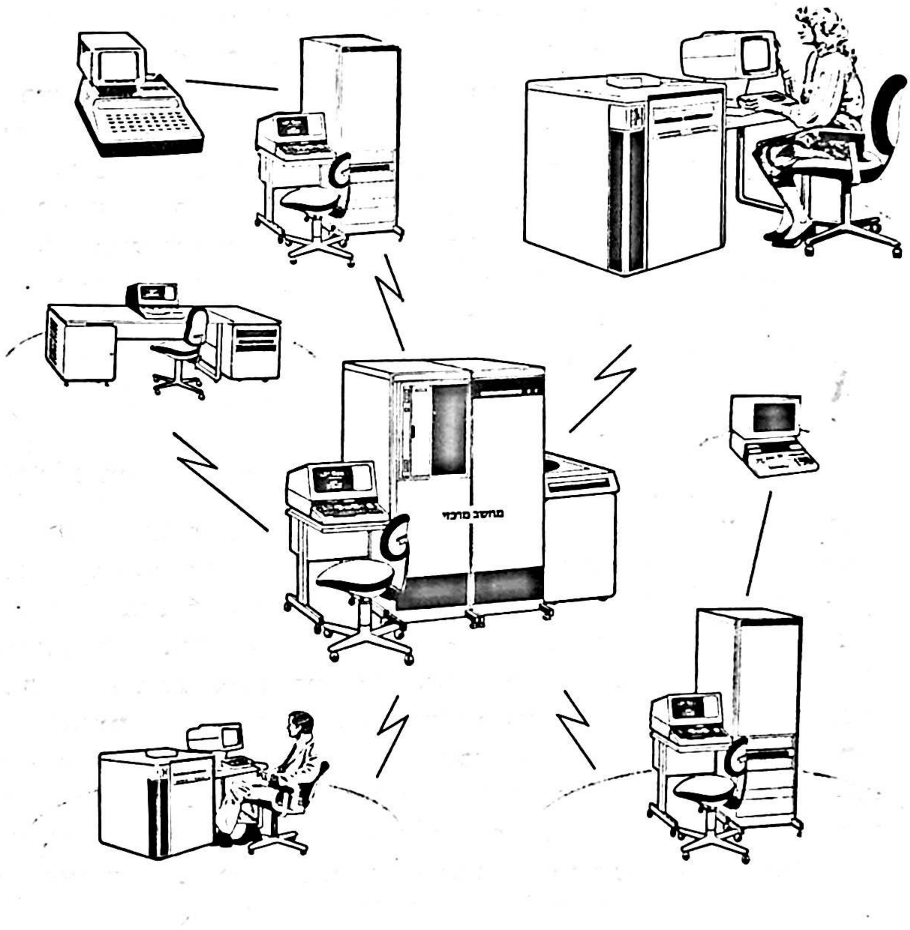
- מורכבות התפעול של מערכות גדולות מרכזיות הדורשות רמת מיומנות גבוהה של העובדים;
- תור גדול לעבודות פיתוח אשר גורם לזמני פיתוח ארוכים;
- אי היענות לדרישות המשתמשים אשר נובעת מתוכניות עבודה וסדר עדיפויות הנקבעים לפי צרכי הארגון ולא לפי צרכים מקומיים דוקא;
- תקלות מערכת אשר עלולות לשתק את השירותים בארגון כולו;
- עלות שינויים במערך עיבוד הנתונים המרכזי.

הפעלת מערכות פזורות

המשתמשים חפשו פתרונות לבעיותיהם ועברו לשימוש במחשבים קטנים עצמאיים אשר הופיעו בשוק. מחירם הזול ופשטות פיתוח היישומים (אשר נבע בין השאר גם בגלל צמצום האפשרויות) היו גורם עיקרי בשיקול. בשלב ראשון נראה הפתרון בהישג יד, אך במהלך הזמן המחשב הקטן החל למלא משימות עיבוד נתונים עצמאיות והוחלף במחשב גדול יותר. העצמאות הביאה בהדרגה להתרחקות ולניתוק ממערכות עיבוד הנתונים המרכזיות של הארגון ובעקבות זה לאי־תאימות של הנתונים והתוכנה, לחוסר תאימות בסטנדרטים וכדומה. יחסי הגומלין הקיימים בין הארגון המרכזי והיחידות המבוזרות שלו חייבו פתרון של שיתוף פעולה בין פעילות אשר חייבות להתבצע באופן מרכזי (על מנת לשמור על הארגון ולנצל יתרונות מרכזיים) לבין פעילות בעלת אופי מקומי.

הפתרון של עיבוד נתונים מבוזר

מסופים משמשים אמצעי קלט לנתונים ולהגשת שאילתות ואמצעי פלט לקבלת תשובות. הם פועלים רק כשהם מקוונים כלומר, כאשר קיים הקשר בינם לבין המחשב. כל ניתוק של הקשר גורם לכך שהמסופים לא יהיו פעילים מכיון שהם משמשים רק כאמצעי קלט ופלט ואין להם יכולת עיבוד עצמאי. כאשר נדרש כושר עיבוד מקומי במקום שבו מותקן המסוף אפשר להשיגו רק כאשר



ציור *11.2: מערכת לעיבוד נתונים מבוזר*

המסוף פועל בשילוב עם המחשב המרכזי.

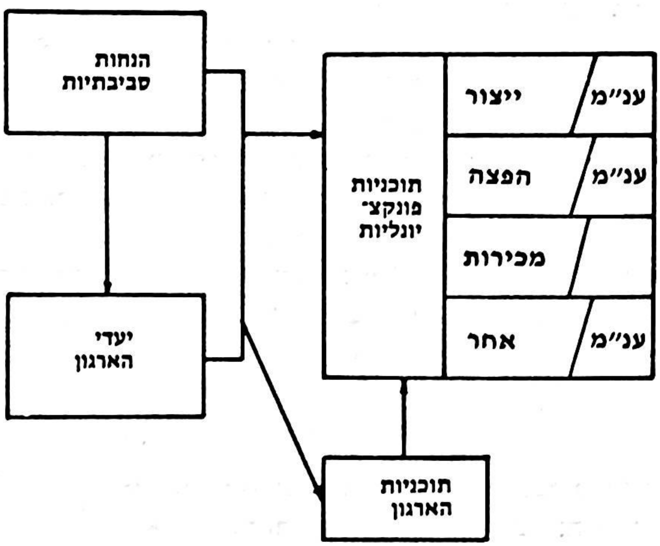
כדי לאפשר למסוף לפעול ללא קשר למחשב המרכזי נבנו מסופים עם כושר עיבוד מוגבל, נבנו יחידות בקרה לתקשורת עם כושר עיבוד ואחסון ונבנו מחשבים קטנים אשר פועלים באופן עצמאי וכצומת תקשורת אל מחשב מרכזי. מחשבים קטנים או יחידות בקרה מתוחכמות המשמשים כצומת תקשורת מאפשרים ביצוע כל הפעולות שמאפיינות מערכות תקשורת. מגוון השירותים רב והם יעילים יותר, כיון שצומת אחד יכול לרכז רשת מסופים לעיבוד הידברותי, מסופים לעיבודי שע"ר, שיתוף זמן ועוד. למעשה, כל שירות יכול להנתן בשיטה זו. אין כל מגבלה לגודל המחשב לעיבוד מקומי, אך מקובל שרשת לעיבוד נתונים מבוזר כוללת מחשבים מקומיים קטנים הקשורים אל המחשב המרכזי בצורת כוכב ותלויים בו. כאשר הרשת כוללת מחשבים עצמאיים לפנינו רשת מחשבים, אך כאמור, ההבחנה אינה חד־משמעית. בהמשך נדון במערך עיבוד נתונים מבוזר עם מחשבים קטנים.

הפתרון המהותי

הפתרון המשולב היה פיתוח מערכות עיבוד מקומיות אשר תהיינה חלק ממערך עיבוד הנתונים של הארגון ולא תיהפכנה ליחידות עצמאיות לחלוטין. אפשר לבחון התפתחות זו על רקע שני מימדי ריכוז־ביזור בארגון:

א. מימד היישומים (פונקציות).

במרבית הארגונים נמצא שחלק מן היישומים בארגון מתבצעים במקום מרכזי



ציור 11.3: תכנון ענ"מ – מימד היישומים

(משרד ראשי, סניף מרכזי וכיו"ב) בעוד שיישומים אחרים מתבצעים ביחידות השדה (סניף מקומי, מחסן וכיו"ב). בדרך כלל מתלווה לחלוקה זו של יישומים גם חלוקה ברורה של תחומי אחריות וסמכויות החלטה.

ב. מימד הנתונים.
במקביל לחלוקת היישומים קיימת במקרים רבים גם חלוקה של נתונים. במרבית הארגונים קיימים מאגרי נתונים מרכזיים, הנשמרים במקום מרכזי אחד לשימוש כל יחידות הארגון ויחידה מרכזית אחת אחראית להחזקתם ולשלימותם. נתונים אלה משמשים את **כל** יחידות הארגון, או לפחות חלק נכבד מהן. כנגד זאת קיימים, בדרך כלל, נתונים המיוחדים לכל יחידה ואינם או כמעט שאינם בשמושן של יחידות אחרות. נתונים אלה נשמרים אצל יחידה זו בלבד והיא אחראית להחזקתם ולשלימותם.

עיבוד הנתונים המבוזר הינו **איזון** בין שתי אפשרויות פעולה: בין ריכוז מובהק לבין ביזור מלא, והוא מקיף יישומים, נתונים, סמכויות ואחריות. בין יתרונות האיזון ניתן למנות:
- חלוקת עומס רציונלית של העבודה ושל סמכות ההחלטה אשר מותאמת לצרכים וליכולת של כל יחידה מחד ושל הארגון ככלל מאידך,
- מניעת "צוארי בקבוק" בתהליכי העבודה,
- הענקת סמכויות מתאימות ליחידות ההיקפיות,
- הענקת מוטיבציה חיובית ליחידות ההיקפיות על־ידי מתן אחריות בתחומים מוגדרים ומתאימים.

אחת הנקודות שיש להדגישן היא שעל אף חלוקת תפקידים וסמכויות ומתן עצמאות ליחידות משנה חייב הארגון להמשיך ולתפקד **כמערכת מתואמת אחת.** מערכת עיבוד הנתונים בארגון צריכה גם כן להיות מערכת אחת המורכבת **מתת־מערכות** אשר לכל אחת מהן יש עצמאות בתחומים מוגדרים, תוך שמירת הקשר שלה למרכיבים אחרים של המערכת הכוללת ותוך תיאום ושיתוף פעולה עמם. מערכת ענ"מ תהיה מורכבת על כן ממספר מעבדים ויחידות תקשורת שונות. המעבדים יכולים להיות שוים בעוצמתם או שונים, בהתאם לתכנון המערכת. בדרך כלל רואים את המערכת כמרכז עיבוד עם מחשב גדול אחד או יותר ושלוחות עם מעבדים קטנים פזורים ביחידות הארגון.

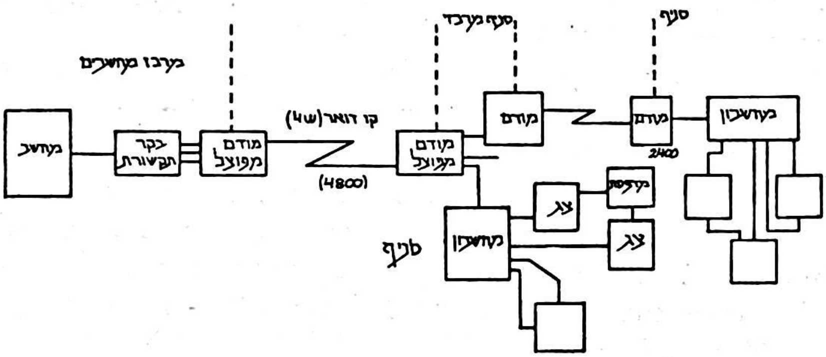
גישות הביזור בארגון

עיבוד מבוזר מתאים לארגונים גדולים בעלי מבנה שכולל יחידות שונות מבחינה תפקודית, עצמאיות מבחינה ארגונית ופזורות מבחינה גיאוגרפית, כמו מפעלי יצור, סניפים, מרכזי הפצה ומרכזי מכירה. ענ"מ מעניק את היתרון של עיבוד גמיש וייחודי לכל יחידה של הארגון בהתאם ליישומים הנדרשים לה אך

מאפשר שמירה על ריכוז הנתונים, אחידות העיבודים כאשר נדרש והחלפת מידע.

בארגון גדול אפשר להבחין בשלש צורות של יישום ענ"מ:

א. **ענ"מ גיאוגרפי** הינו הנפוץ ביותר במערכות עיבוד נתונים מינהלי. אתרים גיאוגרפיים נפרדים, כמו סניפים, מחסנים משרדי מכירה וכד' קשורים במערכת אחת לשם החלפת מידע ולשם ריכוז לשימוש הארגון.



ציור 11.4: ביזור גיאוגרפי

ב. **ענ"מ פונקציונלי** התפתח כאשר מחירי מערכות עיבוד הנתונים הגיעו לרמה שאיפשרה התקנתם למשימות יחודיות. במיוחד בולטים בתחום זה מחשבים למשימות מיוחדות כמו עיבודי תמליל, בקרת ייצור וכד' הקשורים למערך המחשבים המינהלי בארגון. היתרון של המערכות הפונקציונליות הוא בהתאמתן לתפקידים שעליהן למלא.

ג. **ענ"מ משולב** מציג אפשרות של שילוב פעילות פונקציונלית עם ביזור גיאוגרפי. משמעותו למעשה הפעלת מערכות פזורות המבצעות כל מטלה בתחום עיבוד הנתונים ובמידת הצורך מחוברות אליהם יחידות למשימות מיוחדות. הפעלת המערכות המשולבות מורכבת יותר ודורשת רמת מיומנות גבוהה יותר בניהול הרשת. המשתמש אינו מושפע מכך כאשר התכנון נכון וטוב, והמערכת שלפניו משרתת את מטרותיו ללא תלות במטלות אחרות המוטלות עליה.

נסיון להגדרה

עתה נוכל לנסות ולהגדיר את המושג עיבוד נתונים מבוזר:

- עיבוד נתונים מקומי ביחידות הארגון על פי חלוקת סמכויות העיבוד של המרכז. או
- עיבוד נתונים המיישם טכנולוגיה של מחשבים וקוי תקשורת המאפשרת להזין נתונים ממקור אחד למקומות שונים, לעבד נתונים במקומות שונים ולהשתמש במידע המאוחסן באותם המקומות. או
- עיבוד נתונים מבוזר הוא ההיערכות של פונקציות עיבוד הנתונים הממוחשב בדרך בה תוכלנה להתבצע בצורה היעילה ביותר ובמחיר הנמוך ביותר, באמצעות תקשורת בין מחשבים ובין מסופים המאורגנים ברשת המותאמת למאפייני המשתמש.

היתרונות והחסרונות של עיבוד מבוזר

עיבוד נתונים מבוזר הוא ביזור הפונקציה של עיבוד נתונים בתוך הארגון. הוא מאפשר ניצול אופטימלי של המרכז אשר אחראי לספק פתרונות ברמת הארגון ושל היחידות הפזורות אשר להן האחריות הישירה לביצוע המטלות העסקיות. לפתרון של ענ"מ בארגון יתרונות וחסרונות כפי שנפרט בהמשך.

יתרונות עיבוד מבוזר

היתרונות של ענ"מ ברמה של הארגון:

א. התאמת מערך עיבוד הנתונים למבנה הארגון ולצרכי המחלקות השונות. בענ"מ אפשר להטיל על כל מערכת מבוזרת ביצוע מטלות הומוגניות ובכך גם להעלות את יעילותה.

ב. שמירה על הפיקוח המרכזי של אמצעי עיבוד הנתונים השונים באמצעות הקשר הקיים בין המערכות המבוזרות לבין המרכז ושילוב מערכות התוכנה.

ג. הגדלת הפריון הכולל של הארגון באמצעות חלוקה נכונה של האמצעים, המשאבים והאחריות.

ברמת היחידה המבוזרת ישנם יתרונות נוספים חשובים:

א. מתן כלים ואחריות למחלקות התפעוליות לביצוע פעולותיהן ולקביעת סדר עדיפויות משלהן.

ב. שיפורים בזמני תגובה של העיבודים וקביעת עדיפויות בהתאם לצרכים המקומיים. ניתן להשיג זאת על-ידי התאמה של מערך המיחשוב למטלות שעליו למלא. הקטנת התחרות של המשתמשים על המשאבים המרכזיים של הארגון תורמת גם היא לשיפור זמני תגובה.

ג. בידוד תקלות של מרכיב אחד ממשנהו והקטנת התלות בחוליות התקשורת הרבות ממסוף המשתמש למחשב מעלים את זמינות המערכת:

- תקלה במערכת המרכזית אינה משתקת את כל המערכות המבוזרות מאחר שהן יכולות להמשיך בבצוע היישומים העצמאיים שלהן;

- תקלה בקו התקשורת משתקת רק אותן פעולות הדורשות את הקו בו קרתה התקלה. אך ניתן להמשיך בכל היישומי האחרים שאינם תלויים בקו התקשורת הלקוי;
- העצמאות של המערכת המבוזרת מפחיתה את הסכנה שתקלה בתחנה אחת תשתק תחנות אחרות.

החסרונות של הביזור

החסרונות שבהפעלת ענ"מ מתיחסים לתחום הפעילות של הארגון ולתחום היחידה המבוזרת כאחד. וביניהם,

א. אפשרות של פיתוח מרכזי חישוב עצמאיים בלתי תלויים במערכת המרכזית אשר עלולה לגרום לאיבוד שליטת הארגון על היחידות מבחינת תאימות הנתונים ותוכניות העיבוד.
ב. השקעות בחומרה ובתוכנה הנדרשים ביחידות המבוזרות יכולה לגרום לעלות מצטברת גבוהה מזו שנדרשת במערכת ריכוזית.
ג. השקעות גדולות בהדרכה ובתיאום לעומת צוותי עבודה מרכזיים.
ד. אפשרות לכפילות של חומרה ותוכנה ואחזקת רזרבה לא מנוצלת.
ה. השקעות בכח אדם לתפעול, תכנות ואחזקת המערכות.
ו. אחזקת המערכות המבוזרות דורשת תיאום רב כאשר הציוד אינו של ספק אחד.
ז. אין אפשרות לענות על כל הצרכים של עיבוד הנתונים ונדרשת מידת תלות במחשב המרכזי (גם מבחינת היחידה המבוזרת).
ח. עלות גיבוי עלולה להיות גבוהה מאשר עלות של מערכת ריכוזית.

החסרונות אינם חייבים לבוא לידי ביטוי בכל מערכת כשם שהיתרונות אינם נחלתה של כל מערכת. היתרונות והחסרונות שנצפה בכל מערכת תלויים במגוון גורמים ועל כן יש לחקור ולבחון כל מקרה בנפרד.

מערכת לעיבוד נתונים מבוזר

כדי להשיג את היתרונות שבהפעלת מערכת מבוזרת ולהמנע עד כמה שניתן ממימוש החסרונות שבהפעלתה דרושה מערכת עיבוד אשר תתאים למטרה זו. התפתחות הטכנולוגיה בתחום עיבוד הנתונים איפשרה בניית מחשבים קטנים רב שימושיים בעלי עוצמה גדולה ומגוון תכונות המותאמות למטרת ענ"מ. ההתפתחויות שחלו בתחום התקשורת בנושאי חומרה, תוכנה ושיטות שליטה ובקרה הביאו למימוש הדרישות להפעלת ענ"מ.

תכונות המערכת

בין התכונות המקנות למערכת עיבוד את הכושר להחשב כמערכת מקיפה

ושלימה לענ"מ אפשר למנות:

א. ארכיטקטורה פנימית של המעבד המותאמת לחיבור יחידות ציוד שונות לשם עיבוד מקומי ולשם תקשורת, ולרמה גבוהה של תכנות מרובב לשם הפעלת יישומים שונים.

ב. אפשרות לפעול כמערכת עיבוד עצמאית וכיחידת בקרה מתוחכמת במסגרת רשת תקשורת של הארגון.

ג. מודלים שונים של יחידות עיבוד מרכזיות ויחידות קלט פלט ומסופים המאפשרות לבחור את התצורה המתאימה ולשנותה לפי הצרכים המשתנים של הארגון.

ד. אפשרות יישום משטרי קו שונים לשירות מסופים מסוגים שונים.

ה. כלים טובים לפיתוח, לאחזקה ולפיקוח המאפשרים לקבוצה מרכזית של מומחים בארגון לפתח יישומים, לתחזק מערכות, לאתר בעיות ולפקח על הציוד המבוזר ממרחק, מהאתר המרכזי.

ו. יכולת פיתוח מרכזי של יישומים משותפים אשר יפעלו באתרים רבים. ביניהם יישומים המהווים חלק של המערכות המרכזיות.

ז. אפשרות הפעלה מקומית ללא תלות במרכז.

ח. פשטות הפעלה עד כדי הפעלה על־ידי אנשים שאינם אנשי מקצוע בעיבוד נתונים.

ט. מפרטי ציוד המותאמים לסביבת העבודה של המשתמש (חשמל, מיזוג אויר, תפושת מקום, התאמה להפעלה).

דרישות התוכנה

נושא חשוב, אם לא מרכזי בהפעלת מערכות מבוזרות הינו זמינות תוכנה העונה על מגוון האפשרויות של עיבוד נתונים מבוזר.

א. מערכת הפעלה

מערכת ההפעלה היא הגורם המפקח והמתאם בין מרכיבי המערכת. אליה נלווים מוצרי תוכנה רבים המכוונים להשלים את קשת השירותים של המערכת ולאפשר הפעלת יישומי המשתמשים.

ב. מערכת לניהול תקשורת ובסיסי נתונים

תוכנה לניהול מרכיבי התקשורת ולניהול בסיסי הנתונים באופן עצמאי ובמשולב עם המערכת המרכזית. במערכת מבוזרת מודגשת שמירת שלימות הנתונים, אפשרות מחזור והתאוששות עם התערבות מזערית של המשתמש.

ג. אמצעים לפיתוח תוכנה

במגוון מוצרי התוכנה למטרה זו כלולים:

– **שפה עילית לפיתוח תוכניות** אשר מאפשרת למשתמש הבלתי מקצועי להכין

תוכניות עיבוד לא מורכבות על־ידי הגדרת הקלט, העיבוד והפלט. מהדר (Compiler) השפה יוצר מתוכנית המשתמש תוכנית מקור בשפת תכנות או שיוצר מיד תוכנית בת־ביצוע.

– **שפות תכנות** כמו קובול, ר.פי.ג'י, פורטרן, אסמבלר.

– **תוכנה להגדרת מרקעים** דרושה לעבודה הידברותית. מכיון שעיקר העבודה הינה במצגים דרושה תוכנה זו כדי לתאר בצורה פשוטה את מבנה המרקע לקלט ולפלט. תיאור זה ישולב בתוכנית המשתמש בכל שפה שהיא.

– **עורך קבצים** מאפשר למשתמש ליצור קבצים בצורה הידברותית למטרות בניית תוכניות, נתוני ניסוי, הסברים לתוכנה ולמעשה – לכל מטרה שהיא.

ד. תוכנה לשליטה של המערכת המבוזרת

השליטה לשם הפעלה ובקרה של המערכת המבוזרת מתקיימת באמצעות תוכנה הנמצאת במחשב המרכזי. בתוך כך אפשר ליצור במחשב המרכזי את תוכניות המערכת ולשדרם לשם הפעלה, אפשר לאתר תקלות במחשב המרוחק על־ידי תוכנה המופעלת במחשב המרכזי, אפשר לקבל דיווחים על הפעילות השוטפת ועוד.

בטחון תוכניות ונתונים

בטחון תוכניות ונתונים הינו מרכיב חשוב בשיקולים המנחים את תכנון ויישום מערכות עיבוד נתונים. חשיבותו של מרכיב זה עלתה בשנים האחרונות מסיבות אלו:

א. הרחבת מעגל המשתמשים הישירים על־ידי מתן מגוון נרחב של שירותים הידברותיים מחד, והגדלת היקף רשתות התקשורת וכמות המסופים המחוברים לרשתות אלה מאידך.

ב. תלות גוברת והולכת של ארגונים, חברות ומפעלים במערכות עיבוד הנתונים. מערכות ענ"א הפכו להיות משאב חשוב בארגון, ופגיעה או שימוש לרעה במשאב זה עלולים לגרום נזק כבד ואף שיתוק הפעילות בו.

ג. תחיקה והתעוררות ציבורית בתחום "פרטיות המידע". מטרת תחיקה זו להגביל את השימוש במידע הנצבר אודות פרטים (או ארגונים) על מנת להגן על אותם פרטים ולהבטיח כי ייעשה שימוש במידע רק לאותם צרכים להם יועד (Privacy of Data).

סכנות ואיומים

על־מנת לתכנן הגנה יעילה במערכות ענ"א יש לבחון תחילה מהם הסכנות והאיומים הקיימים בסביבה זו:

א. טעויות ושגיאות

- תוכניות שגויות,
- הזנת פרמטרים ונתונים שגויים,
- הרצה חוזרת של תוכניות,
- מחיקת קבצים ותוכניות.

ב. **גניבת תוכניות ומידע**

גניבה מתבצעת במרבית המקרים על־ידי אחד מעובדי הארגון. הוא עלול לעשות זאת מסיבות אידיאולוגיות או לאחר קבלת תמורה כספית עבור מסירת המידע לגורם זר. על־פי־רוב יש לאותו עובד גישה למידע במסגרת עבודתו וקשה למנוע ממנו את העתקת החומר.

ג. **זיוף של תוכניות ונתונים**

שינוי תוכניות וגרימת חריגה מפעולתן הרגילה במקרים מסויימים והזנת נתונים כוזבים נעשים תוך כדי טשטוש עקבות הזיוף. הזיוף נעשה במרבית המקרים על־ידי אחד מעובדי הארגון לשם קבלת רווח כספי.

ד. **פעולות "נקמה"**

מחיקת תוכניות או נתונים על־ידי עובד לא מרוצה לשם "נקמה" בארגון. צורה מתוחכמת יותר לתופעה זאת היא שינוי תוכניות כדי שגילוי מקור התקלה יהיה קשה יותר. עובד הפורש מהארגון ומתכוון לחבל עלול לעשות זאת על־ידי שינוי תכניות אשר ישפיע פרק זמן לאחר פרישתו.

כפי שמתברר מסקירת הסכנות והאיומים הרי שמדובר בעיקר בהגנת המשתמשים מפני עצמם ובהגנת הארגון מפני העובדים בו. רק בחלק קטן מהמקרים מדובר בהגנה מפני גורמים חיצוניים.

אמצעי הגנה

אמצעי ההגנה הקיימים נחלקים לשלושה תחומים עיקריים ורק שילוב של פעולות בכל התחומים עשוי להביא להגנה אפקטיבית. תחומי ההגנה הם:

א. **אבטחה פיזית** – Physical Protection

הגבלת הגישה למקומות רגישים, כגון עמדת המפעיל, חדר המחשב וחדר המסופים – רק לאנשים מוסמכים. הדבר אפשרי בעזרת מנעולים. קוראי כרטיסים מגנטיים, בקרת טלוויזיה ושומרים.

ב. **נוהלי פיקוח** – Administrative Controls

נוהלים הבאים לקבוע מסגרת וכללי עבודה במערכת. נוהלים אלה חייבים להבהיר, בין היתר, את הנקודות הבאות:

- מי אחראי לכל נתון ותוכנית במערכת,
- מי רשאי לגשת לכל נתון ותוכנית במערכת,
- כיצד מתבצעת בדיקת תוכניות חדשות,
- כיצד יושמד חומר מסווג,
- הפעולות שיש לנקוט כאשר עובד עוזב את הארגון.

תנאי חיוני לקיום הנוהלים הינו הקמת יחידת בקרה פנימית, אשר מתפקידה

לעקוב אחר ביצוע הנוהלים ולקבוע אם הם עונים על הדרישה ומספקים הגנה.

ג. **תוכנה וחומרה**– Software and Hardware

את מוצרי התוכנה והחומרה המשמשים להגנה על תוכניות ונתונים ניתן לסווג לשלושה תחומים:

בקרת גישה – Access Control

הרשאת גישה לנתונים, תוכניות וכו' – או מניעתה – על־פי זהות המשתמש אשר נבדקת על־ידי המערכת. לשם ביקורת כזו יש להגדיר תחילה את כל המשתמשים, את המשאבים המוגנים ואת סמכות הגישה של כל משתמש לכל משאב.

הצפנה – Cryptology

הפיכת מידע בעל מובן לאוסף סיביות חסר משמעות. בתהליך ההצפנה מעורבים הקלט, שהינו המידע המובן (Clear-Text), אלוגריתם ההצפנה ומפתח ההצפנה. הפיכת המידע המוצפן (Cipher-Text) למידע מובן נעשית באמצעות מפתח ההצפנה ואלגוריתם הופכי.

רישום – Journaling

רישום ומעקב אחר הנעשה במערכת על מנת להרתיע מפעולה בלתי חוקית וכדי להקל על איתור האשמים לאחר המעשה.

מערכות ענ"א מבוזרות

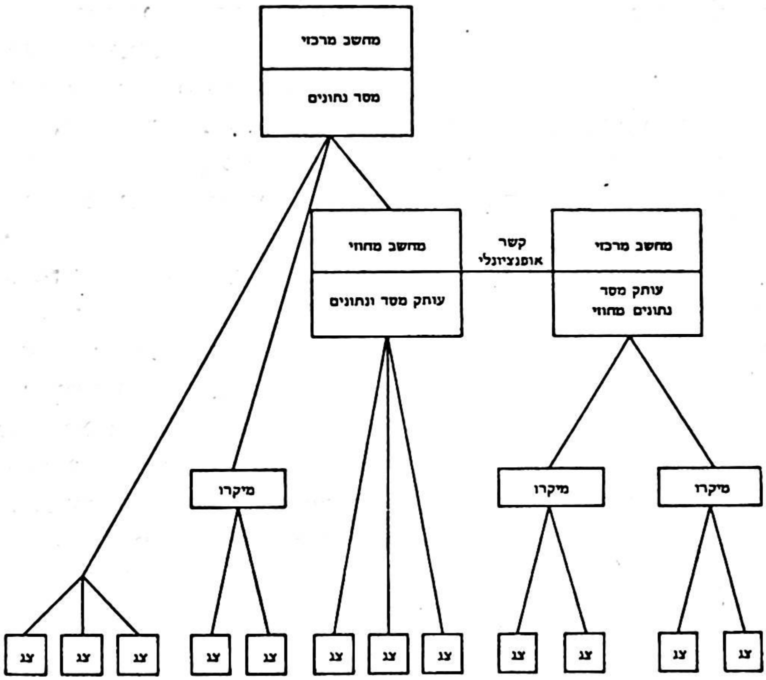
לשם עיון בבעיית בטחון הנתונים נסקור שוב את מבנה המערכות המבוזרות. מערכות ענ"א מבוזרות מורכבות משתיים או יותר צמתים הקשורים ביניהם באמצעות קוי תקשורת. כל צומת הינו מרכז חישוב אשר קיימת בו תוכנה המאפשרת שיתוף אמצעים (כוח חישוב, תוכניות ונתונים) בינו לבין שאר הצמתים. משתמש העובד בצומת מסוים יכול לקבל שירותים מצומת זה בלבד הפועל כיחידת עיבוד עצמאית או מצמתים נוספים ברשת, תוך שיתוף פעולה ביניהם. במערכות מתוחכמות אין המשתמש צריך לדעת אילו שירותים ניתנים בכל צומת, כי איתור הצומת נותן השירות נעשה באופן אוטומטי על־ידי מערכת הניתוב של הצמתים. שתי הצורות המקובלות למערכות מבוזרות הן מערכת "אנכית" (הירדכית), בה קיים צומת מרכזי המפקח על כל צומתי המשנה, ומערכת "אופקית" (Peer-Coupled) בה שוים כל הצמתים מבחינה לוגית.

כאשר בוחנים את נושא בטחון תוכניות ונתונים במערכות ענ"א מבוזרות בהשוואה למצב במערכות ריכוזיות, מתברר כי הבעיה חריפה יותר. לשם כך נציג את התחומים שבהם עלולה להיות חשיפה.

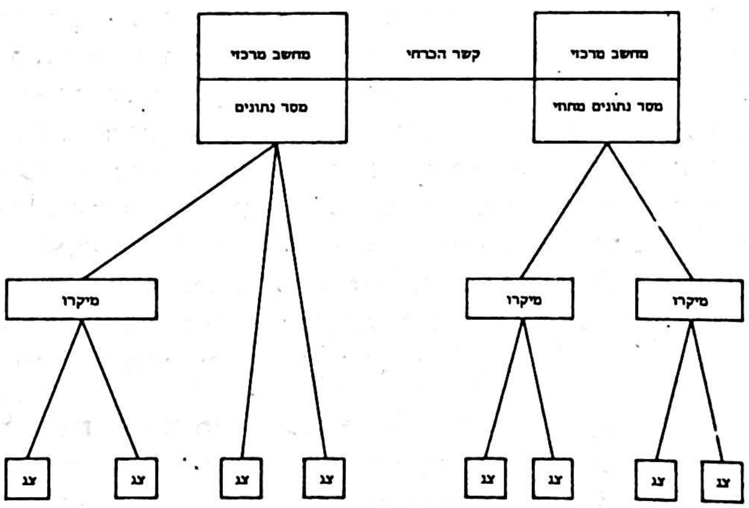
א. כל צומת כמרכז חישוב עצמאי

המאפיינים במקרה זה דומים לאלה הקיימים במערכות ריכוזיות. העובדה שבמרבית הצמתים מותקנים מחשבים קטנים או בינוניים מקשה על פתרון הבעיה. התוכנה שניתן ליישם מוגבלת על־ידי עוצמת המחשב ובהכרח תהיה

אופציות שונות לביזור אנכי



אופציות שונות לביזור אופקי



ציור 11.5: ביזור אנכי וביזור אפקי

פחות מתוחכמת מאשר במחשבים גדולים.

ב. ריבוי מרכזי חישוב

במערכות מבוזרות קיימים שני צמתים או יותר אשר יכולים להיות מרוחקים זה מזה. דבר זה הינו בעל משמעות שלילית בתחומים הבאים:

– אפשרות הבקרה על קיום נוהלי הפיקוח הינה מוגבלת יותר מאשר במערכת ריכוזית.

– ריבוי המחשבים, אשר רובם קטנים, יביא למיקומם באיזור הפעילות הרגיל של הארגון. הדבר מקשה על הגבלת הגישה למחשב ולמסופים רק לאנשים המוסמכים.

ג. קוי תקשורת

תמסורת נתונים בקוי תקשורת נעשית במערכות ריכוזיות ובמערכות מבוזרות, אך באחרונות העברת נתונים ממרכז חישוב אחד למשנהו הינה צורת עבודה רגילה. כמות הנתונים עלולה להיות גדולה ובהתאם, התקורה הכרוכה להגנת הנתונים תהיה אף היא גבוהה.

ד. סמכות, אחריות והרשאה

אפשרות ניצול משאבי כל הצמתים על־ידי המשתמשים השונים ללא תלות בצומת בה הם נמצאים מחייבת הקמת מערכת הגנה בכל צומת, אשר תוכל לטפל במשתמשים המוגדרים בכל הצמתים ולא רק בצומת המסוים. על מנת ליישם זאת יש להחליט תחילה מי מוסמך לקבוע את סמכויות המשתמשים – האחראי בצומת המקור או האחראי בצומת ממנו יבוקשו השירותים. באופן דומה יש לקבוע היכן תתבצענה בדיקות ההרשאה והיכן ישמרו הנתונים הדרושים לצורך בדיקות אלה.

הרשת מורכבת ממחשבים אחדים ולעיתים של יצרנים שונים, עם מערכות הגנה שונות. לפיכך, מידת ההגנה על הרשת כולה הינה כמידת ההגנה בצומת ה"חלשה" ביותר ברשת או בחוליית התקשורת בין שני צמתים.

מוצרי חומרה ותוכנה

מוצרי חומרה ותוכנה שונים מאפשרים יישום בטחון תוכניות ונתונים במערכת מבוזרת. כדוגמה נציג את האבטחה במערכת המורכבת ממספר צמתים עם מחשבי ענ"מ ומצומת מרכזי (Host).

א. אבטחה פיזית

מאחר וניתן למקם את מערכת העיבוד המבוזרת בסביבה משרדית רגילה, יש להגן על המחשב עצמו מפני גישה בלתי חוקית. זאת ניתן להשיג על־ידי מתג

בעל מספר מצבים, הדורש מפתח מיוחד לשם העברתו ממצב למצב. מתג זה מאפשר למנוע את טעינת מערכת ההפעלה (IPL) ואף את "הדלקת" המחשב על־ידי אדם שאין ברשותו המפתח המתאים. אם ניתן להדליק את המחשב, מבוצע תהליך ה־IPL באופן אוטומטי (אפשרות זו אינה קיימת בכל מחשב).

ב. הצפנת נתונים

תמסורת נתונים בין הצמתים במערכת מתבצעת תוך כדי הצפנתם ופיענוחם. הצפנת תשדורות המועברות בין הצמתים ופיענוחן תתבצע באמצעות יחידות הצפנה ופיענוח. הן מותקנות על קו התקשורת בין המחשב לבין המודם ומבצעות את פעולתן ללא תלות במערכת המחשב או בתוכנה המותקנת בו. אפשר גם להשתמש במוצר תוכנה המבצע את ההצפנה והפיענוח ללא שימוש בחומרה כלשהי. בחירת מוצר ההצפנה המתאים תיעשה בהתאם למערכת ההפעלה המותקנת בצומת ולפי מאפייני דרישות ההצפנה.

הצפנה בתוך כל צומת וצומת אפשרית בין המחשב לבין יחידות הבקרה של מסופים המחוברים בתקשורת. גם במקרה זה משתמשים ביחידות ההצפנה והפיענוח לתקשורת אשר מתקינים בין המחשב למודם ובין יחידת הבקרה למסופים לבין המודם שלה.

ג. בקרת גישה

טעינת מערכת ההפעלה במחשבי ענ"מ יכולה להיות "אוטומטית" ללא התערבות המפעיל או "ידנית" כאשר נדרשת התערבותו. המחשב רושם כל ביצוע ומציין אם היה אוטומטי או ידני. ניתן למנוע כליל אפשרות של טעינה מקומית (באמצעות המתג שתואר קודם לכן) ואפשר לבצע אותה על־ידי שליחת פקודה מתאימה מצומת אחר. דבר זה מאפשר בקרה מרכזית על הפעלת המערכות בכל הרשת.

ד. אבטחת שלימות תוכניות

מוצרי תוכנה של מחשבי ענ"מ יכולים להכיל בכל מודול סימון להיותם במצבם המקורי. כל שינוי שייעשה במודולים אלה יגרום גם לביטול סימון זה. ניתן למנוע שינויים על־ידי תוכניות משתמש בכך שמגבילים פיתוח תוכניות רק לצומת מרכזי אחד שממנו יישלחו העתקים של התוכנה המוגמרת לכל הצמתים לשם הפעלתה בהם.

ה. הגנה על משאבי המערכת

כל משתמש הרוצה להתקשר ממסוף חייב לספק בזמן הקישור תוי זיהוי־משתמש המוכרים למערכת וסיסמה המתאימה לזיהוי זה. תוי זיהוי וסיסמה מתאימים מאפשרים אמנם לבצע LOGON, אך עדיין אין משמעות הדבר שהמשתמש רשאי לנצל את כל משאבי המערכת. הרשאת או אי־הרשאת

הגישה למשאב נקבעת על פי השוואת "פרופיל" המשתמש מול "פרופיל" המשאב. במושג משאב כלולים קבצים, קטלוגים, תוכניות ופקודות מערכת. תוכניות ופקודות, בנוסף להיותן משאבים יכולות גם לפנות לקבצים להפעיל פקודות או תוכניות וכו'. לכן, בנוסף להגדרה הקיימת עבורן הקובעת מי מורשה להפעילן, קיימת גם הגדרה הקובעת אילו משאבים הן יכולות לנצל. בכל מקרה, הקביעה הסופית היא לפי צירוף רמות ההרשאה של המשתמש ושל התוכנית או הפקודה.

דוגמאות ליישומי מערכות מבוזרות

במהלך תיאור מערכות הנ"מ הוצגו אפשרויות שונות לתפעולן. כדוגמת סיכום תוצגנה שלש אפשרויות נוספות עם פירוט תהליכי העבודה.

ניהול מלאי בחברת תובלה

במחסן המרכזי של חברת תובלה גדולה תוצב יחידת עיבוד מבוזרת ואליה יחוברו מסופי מכונת כתיבה ומסופי מצג. בנוסף יאוחסנו בה קבצים אשר יכילו את הנתונים הבאים: קטלוג פריטים, יתרות במלאי, הזמנות, ספקים, חובות ועוד.

הנתונים השוטפים אשר מתארים את האירועים במחסנים (כניסות, יציאות, העברות) ישודרו באופן שוטף באמצעות המסופים אל יחידת העיבוד. קליטת הנתונים באופן שוטף במשך היום במקום התרחשות האירועים תאפשר בדיקתם באופן רצוף והשוואת פרטים מסוימים לנתונים שבקבצים. כתוצאה מכך ניתן יהיה לתקן את הטעויות האנושיות הנוצרות בדרך כלל בזמן קליטת מסמכי מקור. במשך שעות העבודה תהיה לעובדי המחסן גישה לנתונים הקיימים בקבצים באמצעות המסופים המחוברים למערכת המבוזרת. קבלת מידע עדכני תסייע בפעילות השוטפת במחסנים.

העיבודים השוטפים במשך היום יבוצעו ביחידת העיבוד המבוזרת. רק הנתונים הדרושים לעיבודים במערכת המלאי המרכזית של החברה יועברו למחשב המרכזי בסיום יום העבודה. מידע מעובד במחשב המרכזי יועבר למערכת המבוזרת, כמו תעודות משלוח למשל. במחסנים יהיו מצגים לבעלי התפקידים השונים, לביצוע הפעילויות הבאות:

– הנפקת תעודות משלוח,
– הזמנות,
– קבלת סחורה,
– ניהול חובות,
– שאילתות.

בהמשך נציג את התהליך להנפקת תעודת משלוח, החל משלב הכנתן במחשב

המרכזי ועד להעברתן למחסנים בסניפים.

מערכת ענ"מ מקבלת מהמחשב המרכזי בתדירות יומית את תעודות המשלוח המורות על דחיפת פריטי ציוד מהמחסן המרכזי למחסנים בסניפים. תעודות אלו תועברנה בתקשורת ותרשמנה בקובץ המערכת לעומת המצב המקובל להעברתן כמסמכים.

במחסן המרכזי מפעיל המקציב את המסוף שברשותו לשם שליפת תעודת המשלוח הרצויה לו מן הקובץ והצגתה במסוף. התוכנית מציגה במרקע את נתוני הכמויות שבמחסני החברה השונים והמלצת המחשב לניפוק ודחיפה. המקציב יכול לתקן על המרקע את הכמויות שהומלצו על־ידי המחשב, אם בידיו מידע נוסף אשר לא יכול היה להכנס ל"שיקולי" תוכנית המחשב שחישבה את ההקצבה. לאחר התיקון מעדכנת התוכנית את הקובץ ומדפיסה תעודות משלוח לשם הוצאת הסחורה מהמחסנים.

תעודות המשלוח נבדקות ונשלחות למחסנאי אשר אחראי לביצוע פעולת הניפוק. אם הוא מגלה אי התאמה באחד הפרטים שבתעודה הוא מחזירה למשרד לתיקון. התיקון מתבצע באמצעות המסוף שמדפיס מיד תעודת משלוח חדשה. בעת ביצוע פעולת הניפוק "מזמין" המחסנאי את תעודת המשלוח מתוך הקובץ, ובאמצעות המסוף מסמן את הפריטים שנופקו על פי תעודת המשלוח המודפסת שבידיו. הסימון על המרקע גורם לעדכון הקובץ ולהעברת תעודת המשלוח מתוך קובץ הפעולות המחכות לביצוע – אל קובץ "המשלוחים שבוצעו".

כאשר המחסן בסניף החברה מקבל את המשלוח, הוא מאשר את קבלת הסחורה על גבי תעודת המשלוח המצורפת אשר תוחזר למחסן המרכזי. במחסן תוצג במסוף תעודת המשלוח ויצויין אישור הקבלה של המחסן בסניף. אם נרשמו תיקונים על־ידי המחסן בסניף, הם מופיעים בהעתק התעודה אשר מוצג במסוף, ובמקביל מעדכנים גם את הקבצים השונים.

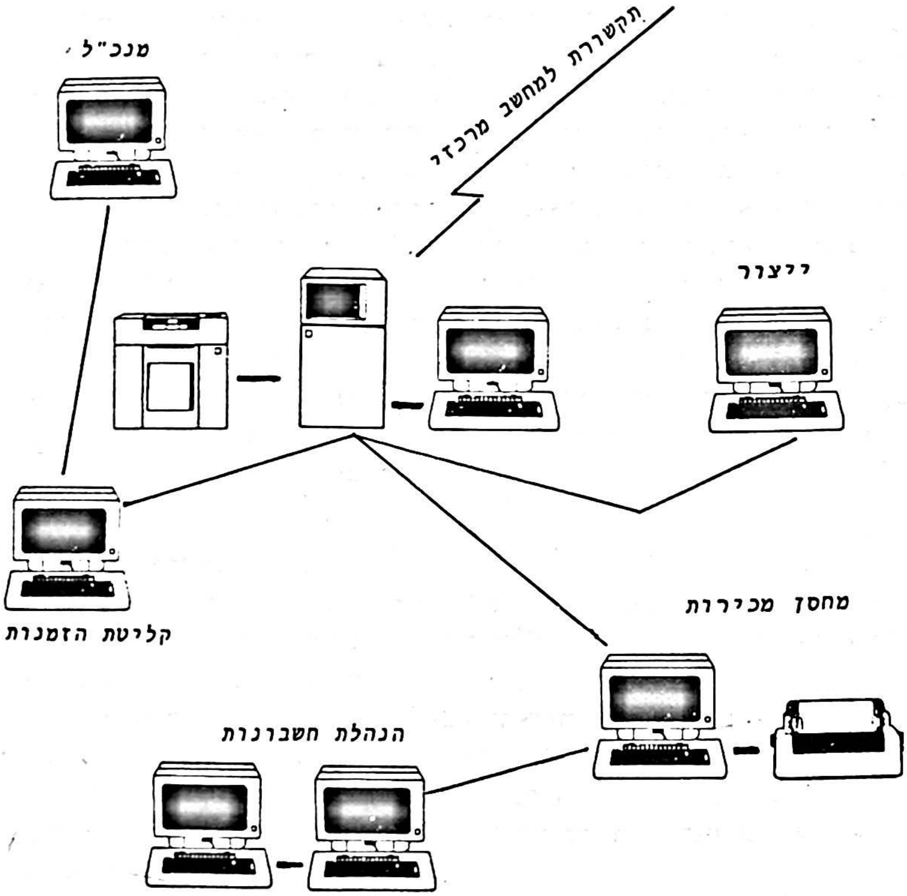
לסיכום תהליך הטיפול בתעודת המשלוח ניווכח שהזנת הקלט הראשוני, העדכונים והאישורים נעשים על־ידי העובדים הפונקציונליים במחסן. במקרה של עומס בנושא פעילות מסוים אפשר לקבל שירותים קבועים של מפעילת־מסוף־קלדנית. אך גם כאן האחריות הישירה היא בידי העובד הפונקציונלי. תהליך ההזנה של הנתונים נעשה כולו בקשר ישיר ללא תיווך.

מערכות קלט יעודיות

א. רקע

בכל מפעל, עסק או מוסד מתבצעות מדי יום, בצורות שונות, פעולות איסוף נתונים. רישום פעילויות, רישום הוצאה והכנסה של פריטים ממחסנים, דיווח כניסה ויציאה של עובדים ופעילויות רבות אחרות שנועדו להזרים נתונים למחלקות שונות. מקבלי הנתונים הן יחידות שיווק ומחסנים, מחלקות פיקוח ייצור והפעלה ומחלקות שכר וכוח אדם, מחלקות תמחיר והנהלת־חשבונות ועוד. בעזרת מערכת איסוף נתונים ניתן ליעל תהליכי דיווח שונים, לצמצם

עלויות הכנה ולהעלות את הדיוק והמהימנות, בעוד אשר שומרים על זרימה שוטפת ועדכנית.



ציור 11.6: מערך ענ"מ במפעל

קיימות שיטות מקובלות לאיסוף נתונים, ובהן מועסקים אנשים רבים באיסוף, כתיבה, מיון והפצה של הנתונים הזורמים ממקומות שונים במפעל או במוסד. שיטות אלו מניבות לעיתים קרובות ערימות גדולות של ניירות, דיווחים ארוכים, כפילויות מיותרות, שגיאות אנושיות, עיכובים ולעיתים אף החלטות מוטעות הגורמות להוצאות מיותרות ועלויות בלתי צפויות.

מערכת לאיסוף נתונים נועדה להתגבר על מכשולים אלה ולענות על צרכי הדיווח השונים בדרך נוחה, קלה ויעילה יותר. היא מעוצבת לשימוש במקום ובזמן האירוע במפעל או במוסד (כניסה, ליד מכונה, בקו ייצור, במחלקה, בדלפק וכד') כשהדיווח נעשה מתחנות מיוחדות (יחידות קלט) על-ידי יוזמי או יוצרי האירוע. הדיווח מועבר אל יחידת בקרה, או יחידת עיבוד, העורכת את הנתונים

במבנה המתאים לקלט למחשב ללא כל עבודה לבלרית מיגעת, ניירת, רישומים, כפילויות, שגיאות ובזבוז זמן ומשאבים.

נתונים הנאספים באמצעות תחנות הקליטה של המערכת הפזורות במפעל יכולים לשמש למגוון רחב של צרכים כגון: בקרת תהליכי ייצור, ניהול ייצור, דיווח כמויות, ניהול מלאי, תכנון ורישום עבודות, רישום נוכחות, תמחיר ועוד.

המערכות לאיסוף נתונים קשורות למחשב מרכזי או שהן פועלות עם יחידת בקרה פשוטה האוספת את הנתונים ורושמת אותם באמצעי רישום קליט־מחשב. אפשר לחבר את יחידות הקלט אל מחשב קטן אשר אוסף את הנתונים ורושם אותם וגם יכול לבצע פעולות עיבוד שונות והיזון חוזר ברמה גבוהה יותר מאשר יחידת בקרה בלבד. עיקרון ההפעלה של מערכות איסוף הנתונים הוא בכך שהאדם המדווח מזין את הנתונים בעצמו באמצעות המקשים, חוגות, כרטיסים ותגים העומדים לרשותו בתחנת הדיווח. בכך משיגים את אחריותו לדיווח וביקורת עצמית על אמינות הדיווח ועדכניותו. חסכון מושג גם בזמן הסבב הקצר של הנתונים ובעלות של הסבתם על־ידי קלדניות ממסמך כתוב אל מצע (Media) קליט־מחשב.

ב. יישום לדוגמה

כדי להדגים את פעולות מערכת איסוף נתונים בסניף בנק נציג ביצוע עסקות בניירות ערך: קליטת תנועות מסחר, הפקדות, משיכות והעברות. בנוסף, אפשרי לבצע שאילתות ופעולות אחרות.

בסניף הבנק מוצבים מחשבון (מחשב קטן או יחידת בקרה משוכללת) ומסופי מצג עם מקלדת. המחשבון שולט ומפקח על המסופים ומאפשר את הקשר שלהם אל המחשב המרכזי. הוא מאפשר עבודה מופרדת מהמחשב בפרקי זמן ארוכים, בהתאם לנפח התנועות שהוא יכול לקלוט בתקליטון או בדיסק המותקן בו.

במערכת דרושים מספר קבצים: קובץ ניירות ערך הכוללת את תיאור נייר הערך, קובץ יתרות הכולל את פרטי יתרות הלקוחות בכל נייר ערך, קובץ לקוחות אשר כולל פרטי מידע של כל לקוח, קובץ תנועה יומית מכיל את הפרטים של כל תנועה שמשודרת במסוף. קובץ הלקוחות (מקוצר) וקובץ התנועה היומית ימצאו בתקליטון של המחשבון בנוסף לשמירתם בדיסקים של המחשב המרכזי. אחזקת קבצים אלו תאפשר את העבודה המופרדת מהמחשב. קבצים נוספים מוחזקים במחשב למטרת עיבודים נוספים.

תהליך העבודה מורכב מהעבודה היומית להזנת תנועות, העיבודים בסוף כל יום ועיבודים תקופתיים. תהליך העבודה היומית כולל את שלב הקלט. להצגת תהליך הקלט נתאר פעולת קניה או מכירה:

– פקיד בנק המשתמש במסוף מקיש את סוג התנועה לקניה או למכירה ואת מספר נייר הערך שבו רוצים לבצע את העסקה. מספר זה נבדק (ספרת ביקורת) במחשבון ואם הוא שגוי מוצגת במרקע הודעה מתאימה. אם המספר תקין מוצג

"טופס" להקשת נתונים.

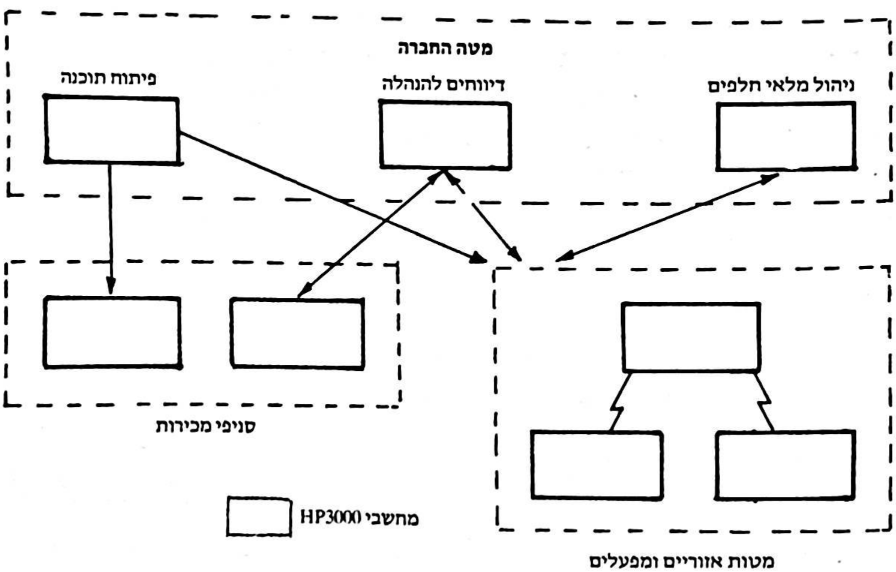
– ה"טופס" המוקרן דומה לטופס המקורי אשר בידי הפקיד והוא יכול להקיש את הנתונים לפי סדר הופעתם. אפשר לותר על הכנת טופס כתוב מראש ולהקיש את הנתונים ישירות לפי הוראות הלקוח. בסיום "מילוי" הטופס אפשר להורות על הדפסתו במסוף המדפסת הסמוך, הקשור למחשבון כדי שתהיה בידי הלקוח אסמכתה לפעולה שביצע.

– לאחר הקשת הנתונים, הם מועברים למחשבון לביצוע ביקורת של שדות הקלט השונים ושלימות הנתונים. עם סיום ההקשה מבוצעת בדיקת איזון או ביקורת אחרת שתקבע. הפקיד יכול לתקן שדה שגוי, להוסיף או להשמיט נתונים כפי הצורך.

– החלטה שהמסמך תקין גורמת הקשת הוראת סיום במקלדת. המחשבון משלים את הבדיקות, ואם המסמך תקין הוא מוסיף אותו כרשומת נתונים בקובץ התקליטון ומשדר אותה למחשב המרכזי. במחשב מבוצעים שאר תהליכי העיבוד והעדכון.

מערך ניהולי בחברה בינלאומית

לשם הדגמת השימוש בעיבוד נתונים מבוזר ברמה של ארגון שלם נציג את הדרך שבה יישמה אותו חברת יולט־פקרד (HP). חברות אחרות מיישמות גם כן שיטות דומות, בתוכן **יבמ ישראל** הקשורה למערך הבינלאומי של מחשבי חברת האם והסניפים השונים בעולם.



ציור *11.7: עיבוד נתונים מבוזר בחברת יולט־פקרד*

א. ביזור גיאוגרפי

בחברת יולט־פקרד קיימת העדפה לאחריות ניהולית מבוזרת ברמה התפעולית, עם תיאום קפדני של ההנהלה המרכזית. גישה זו בניהול ידועה בשם **ניהול לפי יעדים.** החברה נוקטת בהורדת האחריות לדרג הנמוך ביותר האפשרי בתוך הארגון ועל כן עליה להעביר לדרג זה גם כלים לעיבוד נתונים ולשליטה.

המפעלים של החברה מהווים יחידה ארגונית האחראית לפיתוח, יצור, סיוע טכני ושיווק של המוצרים שבאחריותם. יחידה ארגונית שניה כוללת את מערך השיווק, המכירות והשירות ברחבי העולם. יחידה זו מבוזרת כסניפים במדינות וביבשות שונות אשר נוהגים בהם לפי נוהלים וסטנדרטים אחידים כדי לשמור על תדמית אחת של החברה.

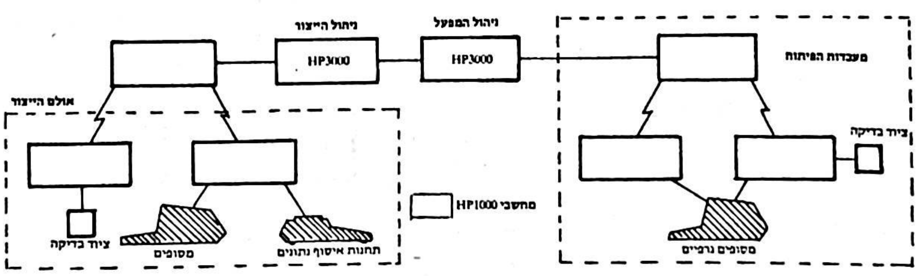
בסניפי החברה השונים, כדוגמת המשרד בארץ, קיימים מחשבים לביצוע עבודות מקומיות ולשם הקשר עם מטה חברת האם, סניפי החברה השונים והמפעלים. המחשב שבסניף יולט־פקרד בארץ HP3000 מחובר בתקשורת לשלוחת מטה החברה בג'נבה ובאמצעותו, בקוי תקשורת, למפעלים ולהנהלה שבארה"ב אשר בהם מותקנים מחשבים דומים.

השירותים הנדרשים והמבוצעים במחשב המקומי הם: הזנת הזמנות הלקוחות, דואר אלקטרוני, מיתוג תשדורות, קבלת עדכוני תוכנה מהמפעלים ועוד. נפרט כמה מהם:

– כאשר המחשב במטה בג'נבה קולט את ההזמנה מהסניף המקומי הוא בודק את עומס הייצור במפעלים השונים ומנתב אותה למפעל הקרוב ביותר והעמוס פחות.

– עדכוני תוכנה הנשלחים מהמפעלים נקלטים במחשב המקומי, מועתקים לסרטים מגנטיים ולתקליטים או שהם מודפסים לשם העברתם ללקוחות בארץ.

– מברקים, מכתבים ומסמכים נערכים באמצעות התוכנה לעיבוד תמלילים במחשב המקומי. הם משודרים למחשב המטה בג'נבה וממנו משודרים ליעדיהם בנוהל הדואר האלקטרוני. בצורה דומה מקבלים בארץ "דואר" המשודר מסניפי החברה ומהמפעלים.



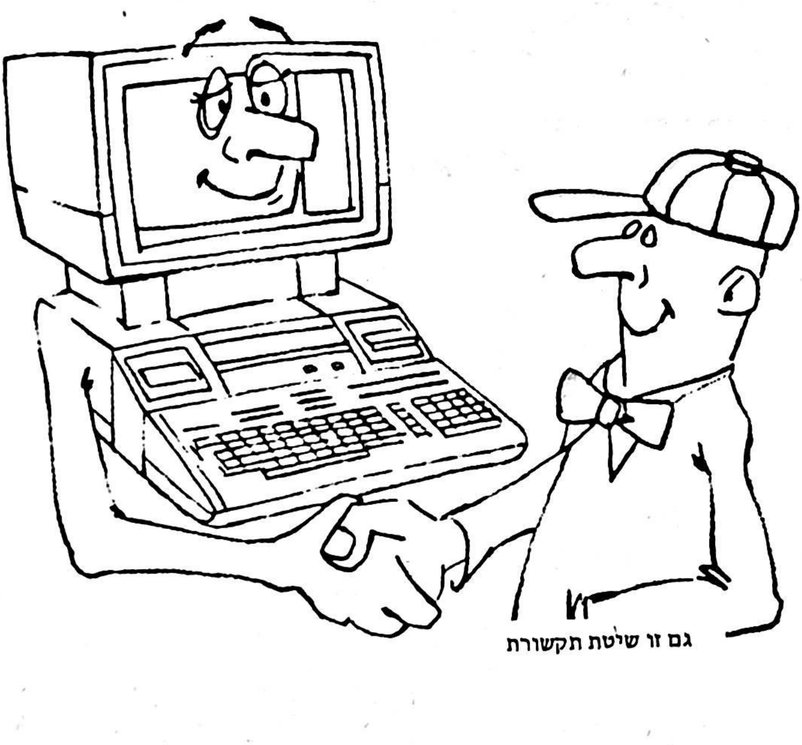
ציור 11.8: עיבוד נתונים מבוזר במפעל

ב. ביזור פונקציונלי

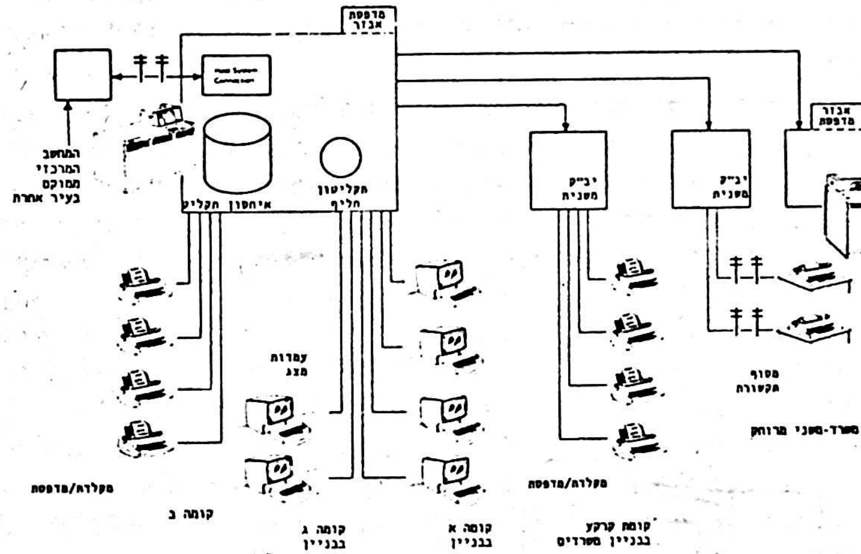
ביזור פונקציונלי קיים במפעלים וכדוגמה נסקור את פעילויות עיבוד הנתונים במפעל כלשהו:

- באולמות הייצור במפעל נמצאים מחשבים מסוג HP1000 המשמשים לאיסוף נתונים, בקרה, ביקורת איכות אוטומטית ובדיקות אלקטרוניות שונות.
- עיבוד הנתונים לצורך תכנון ופיקוח הייצור נעשה במחשב HP3000 אשר מכיל תוכנה המותאמת למטרה זו.
- עיבוד הנתונים המינהלי של המפעל הכולל עיבודים פיננסיים, ניהול מלאי, רכש, שיווק, כח אדם ושירות נעשה במחשב HP3000 נוסף.
- במעבדות הפיתוח מותקנים מחשבי HP1000 המשמשים ליישומי תיכון הנדסי בעזרת מחשב.

המחשבים השונים במפעל מחוברים באמצעות קוי תקשורת מקומיים ונשלטים באמצעות התוכנה לטיפול ברשתות. הנהלת המפעל רואה לפניה מערך שלם מבוזר המוצג בפניה באמצעות המסופים הקשורים למחשב לעיבודים מינהליים שבשליטתה, ואשר קשור אל כל אחד מהמחשבים האחרים. המחשב המרכזי של המפעל גם "מייצג" את המפעל ברשת המחשבים הבינלאומית של החברה.



גם זו שיטת תקשורת



יבק = יחידת בקרה/מעבד

מערכת עיבוד מבוזרת

פרק י"ב:
אירוע – תכנון מערכת תקשורת

מבוא

פיתוח מערכת ממוחשבת לתקשורת ספרתית הינו תהליך מורכב שתחילתו בהגדרת דרישות וסיומו בבדיקת המערכת והפעלתה המבצעית. הפיתוח כולל הגדרת דרישות פונקציונליות והגדרת ביצועים נדרשים, תכנון השיטה, הערכת ביצועי תכנון, בניית התוכנה המתאימה, ניסוי רכיבים בודדים ולבסוף – אינטגרציה של הרכיבים השונים ובדיקתם בתנאים מבוקרים עד להפעלה מבצעית.

אירוע זה מציג פיתוח **מערכת דיווח מבוקרת מחשב (מדמ"ם)** שבמרכזה עומד מחשב קטן שמחוברים אליו 17 מצגים ו־6 מחשבים זעירים באמצעות 11 קוי תקשורת. המחשב המרכזי מפקח על רשת המסופים, קולט את הדיווחים ומעבד אותם ומעביר את הפלט אל צרכני המערכת.

האירוע מציג את דרישות הצרכנים ואת מאפייני תכנון רשת התקשורת. מוסברים שיקולים וחישובים שנעשו לשם בחירת המחשב וכונני הדיסקים, פרישת קוים ומסופים, הערכת רמת שירות (תורים, זמני עיבוד ותגובה), הערכת זמינות וקביעת שיטות גיבוי, תהליך יישום המערכת ובדיקתה לקראת הפעלה מבצעית.

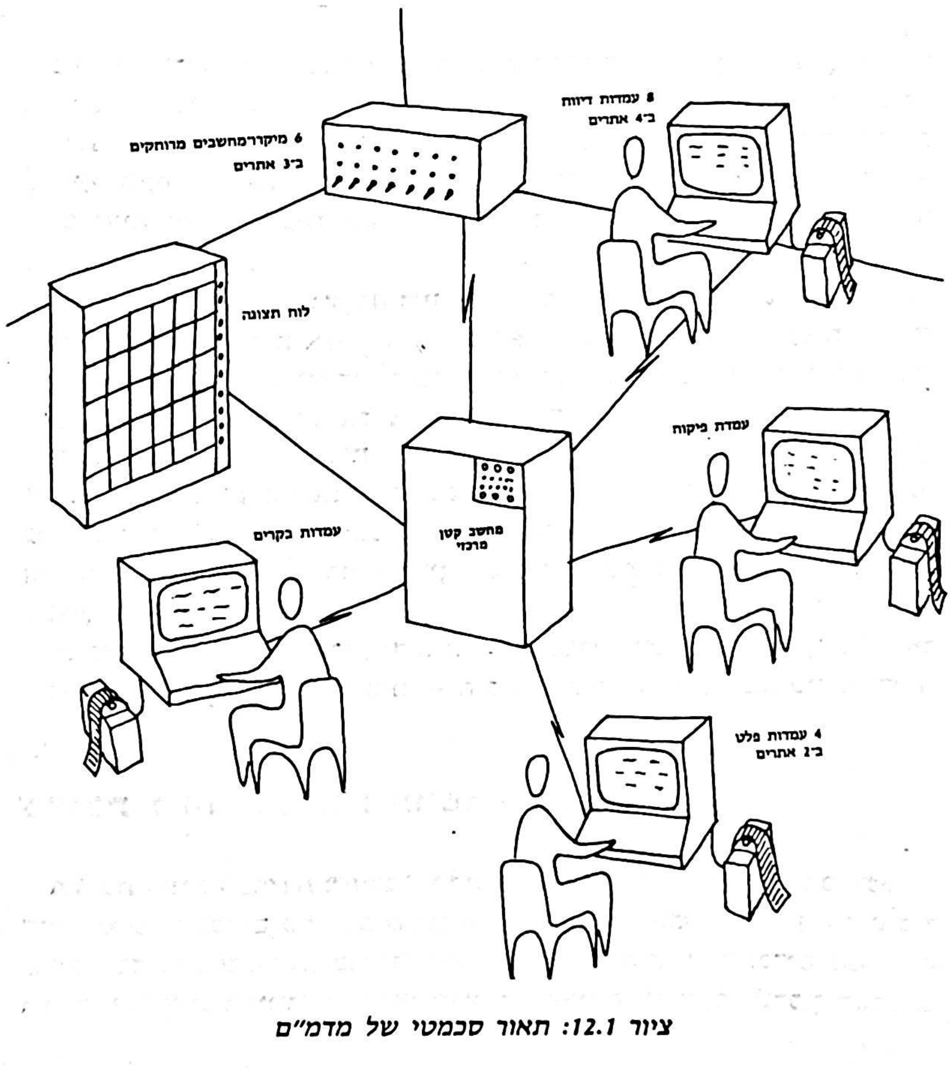
במהלך תאור שלבי התכנון נדונו נושאים שכבר הוזכרו בפרקים קודמים, אך הם הוצגו כאן מתוך היבט שונה – היבט תהליך תכנון של מערכת מוגדרת.

מערכת דיווח מבוקרת מחשב – מדמ"ם

מערכת דיווח מבוקרת מחשב – מדמ"ם היא מערכת לאיסוף נתונים ותצוגה. הנתונים שמתקבלים במחשב שמפקח על המערכת עוברים תהליך של עיבוד שכולל בדיקות סבירות, בדיקת התאמה בין דיווחים שמתקבלים ממקורות שונים, השוואת הדיווחים לנתוני קבצים שמצויים במערכת ועדכון הקבצים.

כתוצאה מניתוח הנתונים עורך המחשב דיווחים על מצבים חריגים או מיוחדים המוגדרים מראש במערכת ומציג אותם לפני בקרי המערכת אשר משתמשים בהם בקבלת החלטותיהם. הדיווחים מוצגים במצגים אלפנומריים ומודפסים במדפסות שקשורות לחלק מהמצגים. תצוגה נוספת קיימת במערכת על גבי לוח תצוגה אלקטרומכני רחב מימדים.

באירוע זה משתמשים במחשב עם מערכת הפעלה ללא תוכנית בקרה לתקשורת. על כן חייב המתכנן לטפל בנושאים כמו ניהול מאגרי נתונים, ניהול תורים, טעינת תוכניות לזכרון ועוד. בעת תכנון מערכת אמיתית משתמשים לרוב במערכות הפעלה הכוללות גם תוכניות בקרה לתקשורת. המתכנן יהיה פטור במקרה זה מטיפול בבעיות שיש להן פתרון בתוכנה קיימת. לעומת זאת, הוא יצטרך ללמוד את ההשלכות של שירותי התוכנה הקיימת על התכנון שלו.



ציור 12.1: תאור סכמטי של מדמ"ם

הקלט למערכת

כל אמצעי הקלט נמצאים במרחק רב ממרכז הבקרה, מקום בו מצוי המחשב, ולכן הם קשורים למחשב בקוי תקשורת. קיימים שלושה סוגים של תנועות קלט: דיווחים, שאילתות ועדכונים והוראות פיקוח.

א. דיווחים

הקלט העיקרי של המערכת מגיע משני מקורות: מחשבים מרוחקים ומצגים.

המחשבים המרוחקים הינם מיקרו־מחשבים שמפקחים על אמצעי חישה (סנסורים) אלקטרוניים. הנתונים שנקלטים על־ידי אמצעי החישה עוברים בדיקות זיהוי חלקיות במיקרו־מחשב, נאספים להודעה באורך ובמבנה קבועים ומועברים בקו תקשורת למחשב המרכזי. למערכת קשורים 6 מחשבים מרוחקים אשר כל אחד מהם משדר בממוצע דיווח אחד בן 60 תוים בכל חמש שניות. ממוצע זה כמו כל הממוצעים האחרים שיוגדרו בהמשך, נקבע בשעת עומס שיא. המחשבים נמצאים ב־3 אתרי דיווח, שני מחשבים בכל אתר.

מקור קלט נוסף הוא מצגים שמצויים גם הם בנקודות מרוחקות ממרכז המערכת. המצגים מופעלים על־ידי מפעילים שקוראים נתונים מתוך אמצעי תצוגה אנלוגיים, עורכים אותם לדיווחים במבנה קבוע ומזינים אותם באמצעות לוח מקשים. השימוש בצג מאפשר לתקן שגיאות הקשה לפני שידור. אמצעי התצוגה האנלוגיים קשורים לאמצעי חישה אלקטרוניים בדומה למחשבים המרוחקים. ההבדל העיקרי במבנה הדיווחים מהמחשבים המרוחקים ומהמצגים נובע מכך שנתוני המצגים הם אלפנומריים ואילו המחשבים שולחים תמליל בינרי.

כדי לעזור למפעילים בעריכת הדיווח יש בלוח המקשים מקש מתופקד שכאשר מקישים בו נשלח מהמחשב המרכזי אל המצג "טופס" שמגדיר את שדות הקלט. המפעילים ממלאים את הטופס וכאשר הם מסיימים ומקישים לשידור נשלחים רק הנתונים שהוזנו, ללא מבנה הטופס. את הדיווחים המוזנים על יד המפעילים יש להדפיס במדפסת שקשורה למצג.

לאחר בדיקות סבירות של הדיווח מחזיר המחשב למצג השולח הודעת אישור קליטה או הודעת שגיאה. הודעת שגיאה תחייב את המפעיל לתקן את השדות השגויים ולשדר את הדיווח שנית. לעיתים קרובות חל שינוי רק באחד מהנתונים שנכללים בדיווח. במקרה כזה, אם הוא מוצג עדיין במרקע, יוכל המפעיל לעדכן רק את השדה שחל בו שינוי ללא צורך בהקשת כל הנתונים מחדש.

המצגים מצויים ב־4 אתרי דיווח שבכל אחד מהם נדרשים שני מצגים. קצב קלט צפוי ממצג הוא דיווח אחד בן 127 תוים בכל 30 שניות. נדרש שהדיווח יקלט על־ידי המחשב תוך שניה אחת לאחר גמר הקשתו. אישור הקליטה של המחשב צריך להופיע על המרקע לכל היותר בתוך 10 שניות מהקליטה.

ב. שאילתות ועדכונים

תצוגת המצב לפני בקרים שמשמשים כמנתחי הדיווחים נעשית באמצעות מצגים דוגמת מצגי עמדות הדיווח. לצורך ניתוח המצב דרוש לבקרים מידע נוסף אשר מצוי בקבצי המערכת ולבקרים ישנה אפשרות לקבל אותו בצורה מעובדת באמצעות מנגנון שאילתות. השאילתות מאפשרות תצוגה מעובדת של כל רשומה בקבצי המערכת או של רשומות בעלות נתונים מסויימים שאפשר לקבלם לאחר חיפוש בקבצים. בנוסף, ניתן יהיה לעדכן באמצעות המצגים מספר מוגדר של פרמטרים בטבלאות המערכת ובקבציה.

במדמ"ם מוגדרות 4 עמדות בקרים ובכל אחת מהן ישנו מצג. לכל אחת מהעמדות מוגדרים סוגי השאילתות והעדכונים שניתן להפעיל בה. קצב קלט צפוי מכל מצג הוא תנועה אחת ל־2 דקות. אורך ממוצע של שאילתה הוא 60 תוים וזמן תגובה נדרש לקבלת התשובה מהמחשב הוא 10 שניות.

ג. הוראות פיקוח

הפיקוח על פעולת מדמ"ם נעשה באמצעות עמדת פיקוח שתפקידה לקבל מידע על כל תקלה במרכיב של המערכת ולנקוט באמצעים כדי להתגבר על התקלה. האמצעים הם הפעלת גיבוי למרכיב שבו התקלה ועדכון תמונת רשת הקוים והמסופים במחשב. עמדת הפיקוח יכולה לשנות את הקצאת המצגים לעמדות הבקרים.

בפונקציה של שינוי הקצאת המסופים יש להשתמש בשעות הלילה למשל ובזמנים אחרים שבהם התעבורה נמוכה ואין צורך באיוש כל עמדות הבקרים. על־ידי איחוד העמדות והקצאתן למצג אחד יכול אדם אחד לשלוט בכל פונקציות הבקרה. קצב הוראות הפיקוח הוא קטן ביותר ואינו ניתן להערכה מראש.

הפלט לצרכנים

פלט המערכת הוא התוצאה המעובדת והערוכה לתצוגה של הדיווחים שנתקבלו במחשב. כל הדיווחים הנקלטים גורמים לעדכון קבצי המערכת. אירועים מיוחדים מוצגים לאחר עיבוד על אמצעי תצוגה במרכז הבקרה של המערכת ואצל צרכנים מרוחקים.

צרכני הפלט במרכז הבקרה הם הבקרים שתפקידם לנתח את האירועים המיוחדים אשר מתקבלים אצלם. האירועים המיוחדים מוצגים במרכז גם על גבי לוח תצוגה עבור בעלי תפקידים אחרים שהפלט המתקבל ממדמ"ם הוא אחד ממקורות הקלט שלהם. מחוץ למרכז נשלח הפלט אל עמדות פלט מיוחדות שפועלות בתיאום עם הבקרים ושלכל אחת מהן נשלחות הודעות על אירועים שנמצאים בתחום עניינם. הפלט צריך להתקבל בעמדות הפלט השונות בתוך 30 שניות מהקליטה.

הפלט שצפוי במצג בקרים הוא הודעה אחת בת 60 תוים כל 10 שניות. פלט אחר שמתקבל במצגי הבקרים הוא תשובות לשאילתותיהם כמפורט בסעיף "שאילתות ועדכונים". עמדות הפלט המיוחדות נמצאות בשני אתרים כאשר בכל אתר נדרשים שני מצגים ומדפסת. פלט צפוי לכל מצג הוא הודעה בת 60 תוים כל 10 שניות.

לוח התצוגה במרכז הבקרה של המערכת הוא לוח בעל תצוגה אלקטרומכנית שמבוקר על־ידי מערכת אלקטרונית כדוגמת הלוחות המצויים בשדות תעופה לצורך תצוגה של פרטי המראות ונחיתות מטוסים. הלוח יכול להציג שורה אחת בשתי שניות. פלט צפוי: הודעה אחת בכל 10 שניות.

פלט נוסף שמתקבל במערכת הוא הודעות אישור הקליטה למצגי הדיווח כמפורט בסעיף "דיווחים". עמדת הפיקוח מקבלת כפלט הודעות על מצב המערכת כמפורט בסעיף "הוראות פיקוח".

דרישות גיבוי במערכת

האופי המבצעי של המערכת מכתיב צורך בגיבוי של רכיביה, כדי שתקלה באחד מהם לא תגרום להשבתת המערכת כולה. בגלל סיבות כספיות הוחלט לא לגבות את יחידת העיבוד המרכזית ואם היא תושבת, תופעל מערכת דיווח ידני באמצעות טלפונים. תצוגת הנתונים תהיה באמצעות לוחות קיר שעליהם ירשו האירועים ביד. כל היחידות האחרות במערכת צריכות להיות מגובות. מור שתקלה כלשהי תגרום לירידה בביצועי המערכת אך לא להשבתה כללית.

שיקולים בתכנון מדמ"ם

בפיתוח מערכות נוהגים לעיתים לדלג על שלב התכנון ובמקום זאת בונים את המערכת בשיטה איטרטיבית. בשיטה זו מתכננים את המערכת באופן כללי בהתאם לעקרונות מקובלים בתכנון מערכת מבלי להכנס לחישובים מדוייקים של עומסים וזמני תגובה. לאחר שלב התכנון הכללי בא שלב כתיבת התוכניות וההתקנה ולבסוף - שלב הבדיקות וההרצה של המערכת.

בזמן ההרצה מפיקים לקחים לגבי זמן תגובה ו"צווארי הבקבוק" של המערכת ובהתאם לכך מכניסים שינויים בתכנון, בתוכניות ובחומרה. כדי ששינויים כאלה יהיו אפשריים צריך לבחור במערכת שתאפשר התרחבות מספקת מעל הדרישות שהוצבו בעת התכנון הראשוני. יכולת זו מנוצלת כאשר מתברר בשלב הפקת הלקחים שכדי לענות לדרישות יש צורך בתוספת זכרון, דיסקים, קוי תקשורת וכד'. ב"שיטה" זו מתקבלת לרוב מערכת גרועה.

בבדיקות שנערכו נמצא שחלוקה טובה של זמן הפיתוח של מערכת מסוג זה היא: לתכנון מוקדשים 30-35 אחוזים מהזמן, לתכנות - 20 אחוזים, לניפוי ולניסוי המערכת - 45-50 אחוזים. אם פיתוח המערכת דורש בנית חומרה

מיוחדת יש להתחשב בכך בשלב מוקדם של התכנון כדי שחומרה זו תהיה מוכנה לשלב הניפוי וניסוי המערכת. חלוקה זו אינה כוללת את הזמן הנדרש לצורך האפיון הפונקציונלי של המערכת, שהוא שלב קודם לשלב התכנון.

בשיטה האיטרטיבית שהחכרה קודם מוקצה לתכנון כ־15 אחוזים מהזמן מכיון שהמזמין רוצה להתקין את המערכת בפרק זמן קצר ככל האפשר כדי לענות על הבעיות שהוא רוצה לפתור בעזרתה. ככל שהמערכת מסובכת יותר, הנושאים לבדיקה בשלב התכנון רבים יותר וכן גם זמן התכנות והבדיקות ארוך יותר. כדי לעמוד בלחץ של הזמן שהוקצב לביצוע העבודה יש נטיה לחסוך בשלב התכנון, וזאת בעיקר בגלל אי הערכה נכונה של הבעיות שעלולות לצמוח משינויים בתכנון לאחר ההתקנה.

כל האמור לעיל נכון במיוחד במערכות תקשורת אשר נכתבת להן תוכנה ייחודית אשר אין לה הגמישות להתרחבות ולשינויים שקיימת בתוכנית בקרה סטנדרטית לתקשורת. המערכות שבנויות עם מיני־מחשב דוגמת מדמ"ם, הן לרוב בעלות תוכנה יחודית ולכן יש להקדיש מחשבה רבה בעת התכנון כדי למנוע תקלות אפשריות לאחר מכן.

נושאים לבדיקה בתכנון מערכת תקשורת

במערכת תקשורת קיימים 6 גורמים קריטיים שתכנון לקוי של אחד מהם עלול לגרום לירידה בביצועים של המערכת:

1. גודל זכרון המחשב.
2. זמן העיבוד במחשב.
3. נצילות ראשי הקריאה־כתיבה בדיסקים.
4. נצילות קוי התקשורת.
5. נצילות המסופים.
6. יכולת מפעילי המסופים.

חמשת הגורמים הראשונים נמצאים בשליטת המתכנן ועליו לנתח אותם בזמן התכנון. בתכנון המערכת נבדקה נצילותו של כל אחד מהגורמים ונבדקה השפעתו על זמני תגובה וביצועי המערכת.

במדמ"ם נעשה תכנון מערכת התקשורת במקביל לתכנון שאר חלקי המערכת והוא מהווה חלק מהתכנון השלם שכולל תכנון ארגון הקבצים, חישובי עומס וזמן תגובה של הדיסקים לגבי כלל המערכת, תכנון שיטת העיבוד של התנועות השונות ותכנון הגיבוי והשיקום ממצב של תקלה במערכת.

לאחר בניית הלוגיקה של המערכת באמצעות תרשימי זרימה, נעשתה הערכה של גודל הזכרון הנדרש, ונקבעו התוכניות שתמצאנה באופן קבוע בזכרון (Resident Programs) ותוכניות המעבר שתקראנה מהדיסק לזכרון בעת הצורך (Transient Programs). חלוקה זו מאפשרת לתכנן את הקצאת הזכרון והדיסק ולהעריך את תגובת תוכניות העיבוד לתנועת קלט במערכת. עם גמר התכנון הוחלט על תצורה סופית של החומרה והתוכנה.

בציור 12.2 מתוארים שלבים אשר אופייניים לתכנון מערכת תקשורת. ניתן לראות שבמספר שלבים קיים היזון חוזר כיון שבכל מקרה שנמצא שנצילות רכיב מסויים גבוהה מדי יש צורך בבחינת המצב מחדש ובשינוי החלטות שהתקבלו בשלב מוקדם יותר. בתכנון מערכת תקשורת יש לנהוג לפי כללי התכנון של מערכת עיבוד נתונים בנוסף לטיפול במאפיינים המיוחדים של מערכת זו.

1. קבע את סוגי התנועות במערכת.
2. קבע את כמויות התעבורה.
3. קבע את דרישות זמן התגובה.
4. קבע את המיקום הגיאוגרפי של עמדות הקלט והפלט.
5. קבע את התכונות הנדרשות מהמסופים ובחר מסופים מתאימים.
6. קבע את מספר המסופים בכל עמדה.
7. קבע את אופן ההפעלה של המסופים (הנדסת אנוש).
8. קבע צורות אפשריות לחיבור המסופים למרכז.
9. קבע משטרי קו אפשריים.
10. בחר במודמים וציוד תקשורת אחר.
11. בדוק את האפשרויות באמצעות תורת התורים.
12. בנה טבלת נתוני תעבורה.
13. בדוק בשיקולי התכנון את נושא האמינות (גיבוי, בטיחות נתונים, אפשרויות תחזוקה).

ציור 12.2: שלבים בתכנון מערכת תקשורת

ניתוח כמויות תעבורה וזמני תגובה נדרשים

כמויות התעבורה במערכת הוערכו על סמך נתוני המערכת הידנית אשר מדמ"ם עומדת להחליף ועל סמך הערכות עומס צפוי מהמחשבים המרוחקים. לא נראה היה שכמות הדיווחים בקלט תגדל כתוצאה ממיכון המערכת. לעומת זאת גרם המיכון להיווצרות קלט חדש – השאילתות. מנסיון קודם במיכון מערכת ניתן ללמוד שמפעילים שהועמד לרשותם מצג ואפשרות גישה למאגר מידע הרבו להשתמש באמצעי זה לצורך קבלת החלטותיהם. הם נטו לעשות זאת כאשר זמן התגובה של המערכת היה טוב, ולא היו מרווחי זמן גדולים מדי בין כתיבת השאילתה לקבלת התשובה עליה. על סמך הנחות אלה הוערכו כמויות התעבורה בקלט ובפלט.

זמן התגובה מוגדר במערכת תקשורת כפרק הזמן בין לחיצת המפעיל על מקש "שלח" במסוף לבין הופעת התו הראשון כתגובה מהמחשב. במצגים שנבחרו במדמ"ם מופיעה תצוגת תשובת המחשב רק לאחר שהיא התקבלה בשלימות מקו התקשורת. בעת מילוי מאגר המסוף קיימת מחיקה של המצג ולאחר מכן

מופיעה כל התשובה בבת־אחת. לכן, זמן התגובה ימדד עד למחיקת המצג, שבעיני המפעיל היא תחילת תגובת המחשב.

דרישות זמן התגובה במערכת הוגדרו מתוך שיקולים של הנדסת אנוש. ממחקרים פסיכולוגיים התברר שזמן סביר לקבלת תשובה לשאילתה הוא עד 4 שניות. פרק זמן כזה אינו קוטע את חוט המחשבה של המפעיל ומאפשר לו ניתוח של הבעיה תוך העזרות בשירותי המערכת. אצל מדווחי הקלט ניתן להבחין בשני סוגים של זמן תגובה. בשלב ראשון עורך המפעיל את הודעתו במצג. פעולה כזו נמשכת כ־20 עד 40 שניות, בקצב מקובל להקשה שהוא 2 עד 3 תוים לשניה. פרק הזמן הקצר מתאים לעדכון של הודעה שכבר מוצגת על המצג ופרק הזמן הארוך מתאים לעריכת הודעה שלימה.

לאחר לחיצה על המקש **שלח** ננעל לוח המקשים והמפעיל מחכה לכך שהמחשב יקרא את הדיווח וישחרר את לוח המקשים. זמן התגובה הנדרש לפעולה זו הוא שניה אחת עד שתי שניות. עתה חופשי המפעיל להכניס הודעה נוספת, אבל עליו לצפות לתגובת המחשב להודעה הקודמת אשר תציין אם היא נקלטה כראוי או שיש בה שגיאות שהתגלו במהלך בדיקות הסבירות. המפעיל מצפה שתגובה זו תגיע אליו לפני הקשת ההודעה ה הבאה, כלומר זמן תגובה סביר הוא כ־10 שניות.

אין דרישות מפורשות לפרק הזמן שנדרש מרגע קליטת דיווח במחשב עד קבלת הפלט שמתייחס אליו, אבל הציפיות הן לתגובה בסדר גודל של דקה.

שיקולים בבחירת המחשב למערכת

בפתרון מדמ"ם יש צורך בבחירת מחשב ותוכניות שיאפשרו התקנת מערכת תקשורת ותוכניות יישום תוך פרק זמן של שנה כאשר התקציב שעומד לרשות הפרוייקט מגביל אותו לתחום המחשבים הזעירים. הדרישות הן:

1. מהירות ביצוע גבוהה מאוד אשר תאפשר ביצוע שירותי תקשורת ועיבוד מהיר של התנועות, כדי לעמוד בדרישות של זמני התגובה השונים.
2. יחידת בקרה לתקשורת משולבת ביע"מ לשם חיבור של עד 64 קוי תקשורת מסוגים שונים בקצב שידור כולל של עד 10,000 תוים לשניה. עומס צפוי במערכת הוא 300 תוים לשניה בממוצע בשעת שיא.
3. גידול הזכרון עד ל־512K בתים בהתאם להערכת גודלי תוכניות היישום.
4. חיבור דיסקים בנפח אחסנה הדרוש לשמירת התוכניות והקבצים.
5. קלט־פלט ספרתי לשם חיבור פשוט של לוח התצוגה האלקטרומכני.
6. חיבור למחשבים מסדרת יבמ 43XX, 303X. חיבור זה חשוב כאפשרות לעתיד לשם העברת הפלט למחשב יבמ לצורך עיבודים נוספים. החיבור יהיה באמצעות אביזר תקשורת או חיבור לערוץ.
7. תוכנה בסיסית לתקשורת ועיבוד בזמן ממשי. התוכנה צריכה לתמוך בחיבור קוים המשדרים תמליל אלפנומרי וקוים המשדרים תמליל בינרי. התוכנה

צריכה להיבנות בצורה מודולרית סביב גרעין קטן של מערכת ההפעלה בהתאם לצורכי המערכת.

8. תכנות באסמבלר (Assembler) לשם השגת יעילות ביצוע ושילוב תכנות בפורטרן (F0RTRAN) של שגרות הניתוח המתמטי של הנתונים.

מסופים, מודמים וקווים

א. מסופים

הבחירה במצגים כמסופי המערכת הינה טבעית מכיון שיש להם שלוש תכונות חשובות:

– יכולת עריכת הקלט,
– תצוגה טובה של הפלט,
– מאגר פנימי לעריכת תשדורות מבלי "לתפוש" את הקו.

המצג נוח להפעלה. תיאור מפורט של המצג ואפשרויות השימוש בו ניתנו בפרק ז. כאן נפרט מספר מאפיינים:

– פשטות הזנת נתונים ותיקון מיידי של הקלט.
– תכולה של מספר שורות רב המאפשר "ראיית" טופס קלט שלם או דיווח פלט בשלימות.
– אפשרות חלוקת המרקע לאזורים מוגנים ולאזורים שניתנים לשינוי על־ידי המפעיל.
– אפשרות בהירות שונה לשדות כדי להבחין בין שדה מוצג על־ידי המערכת ושדה קלט.
– אפשרות לעורר תשומת לב המפעיל להודעה חשובה על־ידי הבהוב של שדה, בהירות שונה או השמעת צפצוף.

כדי לחסוך בקוים יש לבחור במסופים אשר יכולים לפעול בקו רב־נקודתי בקצב שידור גבוה. בנוסף, עליהם לפעול במשטר קו המאפשר בדיקת שגיאות שידור.

המצגים במערכת הם ממשפחת יבמ־3270 הפועלים במשטר BSC או במשטר SDLC. המסופים הם **עצמאיים**, כלומר בכל אחד מהם מותקנת יחידת בקרה עצמאית. העדפת בחירה זו על פני מסופים הפועלים במקבץ נבעה משיקולי מחיר ושיקולי גיבוי. מכיון שמסופים מעטים מחוברים לכל קו בכל אתר, תוספת יחידת בקרה למסופים במקרה זה מעלה את ה"מחיר היחסי" של כל מסוף. לשם גיבוי היה צורך ביחידת בקרה נוספת אחת לפחות וגם לכך יש השפעה על המחיר. נוהל הגיבוי פשוט יותר באמצעות מסופים עצמאיים.

ב. מודמים

נבחר מודם אשר יכול לפעול בקצב שידור של 2400 או 1200 סיביות לשניה. תכונה זו חשובה, כי כאשר איכות הקו יורדת רצוי לעבור מקצב השידור הרגיל של 2400 ס"ש לקצב של 1200 ס"ש כדי להקטין את אחוז השגיאות ואת מספר

השידורים החוזרים.

המודם צריך להתאים לתמסורת בשני תילים ובארבעה תילים. במערכת זו דרושה האפשרות של ארבעה תילים כדי להקטין את זמן הסבב שנדרש למודם להחלפת כיוון השידור. לצורך החישובים נניח שהנתונים הטכניים של המודם שנבחר:

- זמן הרמת הגל הנושא – 6 עד 12 מילישניות.
- זמן סבב ב־4 תילים בקצב 2400 ס"ש – 10 מילישניות ובקצב 1200 ס"ש – 15 מילישניות.
- זמן סבב ב־2 תילים – 200 מילישניות.

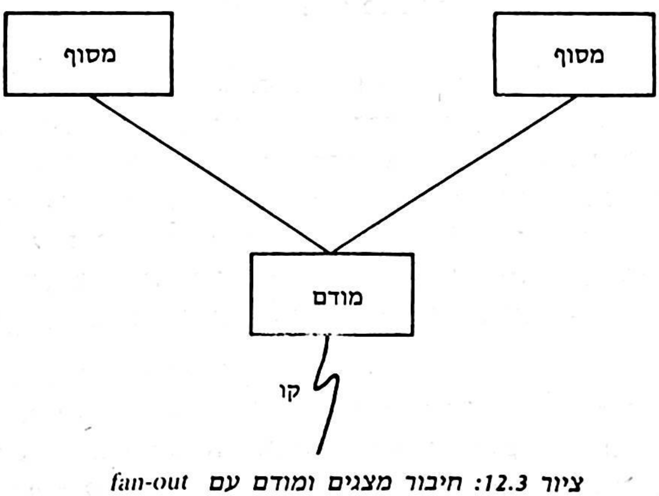
מספר תכונות נוספות רצויות:

- בדיקה עצמית ובדיקה בחוג סגור עם מודם נגדי כדי להקל ולפשט את תהליך איתור התקלות במודמים ובקוים.
- מעגלים אוטומטיים לתיקון עיוותי מופע.
- גיבוי בקו חיוג.

ג. קוים

מיקומם הגיאוגרפי של עמדות הקלט והפלט נקבע בהתאם למערך הקיים במערכת הידנית. מספר המצגים בכל עמדה נקבע בהתאם לחלוקת העבודה הפונקציונלית בעמדה ובהתחשב בעומס. לדוגמה, בעמדה שיש בה שני סוגים של דיווחים הוצבו שני מצגים ונבדק שהמפעיל יוכל לעמוד בעומס המוטל עליו בכל אחד מהמצגים.

הקוים שהוקצו לצורך התקשורת הינם קוי נל"ן קיימים שנבדקו על־ידי משרד התקשורת ונמצא שהם עונים על תקן 4A ולכן ניתן להעביר בהם נתונים בקצב של עד 2400 ס"ש באחוז שגיאות סביר. הקוים בין מצגי הקלט לבין המרכז, ובין



ציור 12.3: חיבור מצגים ומודם עם fan-out

המרכז לחלק ממצגי הפלט הם ארוכים מאד ומחירם ניכר. רצוי להשתמש בקוים בניצולת גבוהה ככל האפשר על־ידי שימוש במודם המאפשר חיבור מספר מסופים כמניפה (fan-out) ועל־ידי שימוש בקו רב־נקודתי.

מספר המסופים שניתן לחבר למודם ולקו מוגבל על־ידי החומרה של המודם. שיקולי תכנון קובעים גם הם את מספר המסופים שיחוברו למודם ולקו אחד, מכיון שככל שמסופים רבים יותר מחוברים לקו אחד גדל זמן ההמתנה של כל מסוף לתגובת המחשב. כדי להשיג נצילות טובה של הקוים מבלי לגרום להמתנה ארוכה של המסופים אפשר להגביל את אורך התשדורות. דבר זה מונע "תפישת" הקו לפרקי זמן ארוכים על־ידי מסוף אחד ומאפשר חלוקת תגובת המחשב לשני שלבים: תגובה מיידית על הקליטה ושחרור הקו, ותגובה לאחר עיבוד התנועה במחשב.

הערכת זמני עיבוד בדיסקים

הדיסק המגנטי משמש כאמצעי עזר לאחסון נתונים שאחסנתם באופן קבוע בזכרון היתה דורשת זכרון גדול. יתרונו של הדיסק לעומת הזכרון הוא במחיר האחסון שהוא נמוך במספר סדרי גודל ממחיר אחסון בזכרון. לדיסק יתרון על פני אמצעי אחסון אחרים בכך שהגישה לנתונים היא ישירה ולכן גם מהירה. לעומת זאת, הקריאה מהדיסק איטית יחסית לקריאה מזכרון המחשב. הדיסקים מחולקים לגלילים (Cylinders), מסילות (Tracks) וגזרות (Sectors).

זמן הגישה לנתונים בדיסק מורכב משני חלקים: **זמן החיפוש** (Seek) בו נעה הזרוע של ראשי הקריאה ומחפשת את המסילה שבה מצויה הרשומה. **השהיית הסיבוב** (Rotational Delay) שנובעת מכך שאף כאשר הראש ממוקם מעל המסילה בה נמצאת הרשומה יש להמתין בממוצע חצי זמן סיבוב של הדיסק, כדי להגיע לרשומה עצמה.

מרכיבי החישוב

להערכת הזמן לביצוע כתיבה או קריאה יש לדעת את הגורמים הבאים:

- הקבצים שמצויים במערכת, גודל כל קובץ ושיטת הארגון שלו,
- מספר גישות נדרשות לכל אחד מהקבצים לצורך ניתוח תנועה,
- נתוני זמן החיפוש והשהיית הסיבוב של הדיסק.
- זמן ציפיה בתור לשם קבלת גישה לדיסק (התור נוצר כיון שהדיסק ממלא את הבקשות באופן טורי).

זמני ביצוע קריאה וכתיבה בדיסקים משפיעים על זמני התגובה הנדרשים בעמדות הקלט, בעמדות הפלט ואצל הבקרים. נצילות המקסימלית המותרת לתקליט היא 60 עד 65 אחוזים, כאשר מופע הבקשות הוא פואסוני. בנצילות גבוהה יותר, גדלים התורים במידה ניכרת.

כדי להשיג יעילות מירבית בזמני גישה לדיסקים נבחרה שיטת הגישה הבסיסית. בשיטה זו דרושה הגדרה מפורטת של כתובות כל קובץ ואחזקת טבלת כתובות זו בזכרון המחשב. בנוסף אפשר, ולפעמים אף הכרחי, להחזיק בזכרון טבלת איתור כתובות של רשומות שהגישה אליהן הינה תכופה ועל כן משפיעה על זמן התגובה למפעיל.

נתונים טכניים של הדיסק:

יחידת הדיסק המגנטי מורכבת מ־2 דיסקים נפרדים המותקנים זה מעל זה. הדיסק התחתון קבוע בכונן והדיסק העליון ניתן להחלפה. ביחידה ישנו מתקן אחד לקריאה וכתיבה המשרת את שני הדיסקים עם ראשי קריאה־כתיבה נפרדים לכל אחד מהם.

חישוב תכולה:

200	גלילים לרישום נתונים
4	מסילות לגליל (2 מסילות בכל דיסק כפול ב־2)
24	גזרות במסילה
256	תוים בגזרה
6144	תוים במסילה
24576	תוים בצילינדר אחד (4 מסילות).

נתוני ביצועים:

28ms	זמן חיפוש במעבר בין גליל לגליל
146ms	זמן חיפוש ממוצע על פני כל הגלילים
40ms	זמן סיבוב של הדיסק
20ms	השהיית הסיבוב (מחצית מזמן הסיבוב)
200000ch/sec	קצב העברת נתונים בקריאה ובכתיבה.

קבצי מדמ"ם

– **קובץ תורים.** התורים שבמערכת הם תור העיבוד ותורי הפלט. משטר התורים הינו FIFO. תור העיבוד הוא התור אליו מעבירה תוכנית התקשורת את הדיווחים שנקלטו ובו הם מחכים לתוכנית העיבוד. תוכנית העיבוד אינה מתחילה בעיבוד דיווח חדש לפני שהסתיים עיבוד הדיווח הקודם. מספר תורי הפלט הוא כמספר הקוים במערכת. לכל תור מעבירה תוכנית העיבוד את הודעות הפלט שמיועדות לעמדות שמחוברות לקו שהתור משרת. תוכנית התקשורת סורקת את תורי הפלט ומשדרת את ההודעות שמצויות בהם. לקובץ התורים יוקדשו בשלב ראשון 96 גזרות (4 מסילות) לאחסון 96 רשומות. אם יתברר בחישוב שיש צורך ביותר מזה יהיה צורך בשינוי גודל הקובץ ובאיטרציה נוספת של החישוב.

– **קבצי נתונים.** בנתונים מקבצים אלה משתמשת תוכנית העיבוד לצורך ניתוח

התנועות. עם גמר העיבוד מעדכנת תוכנית העיבוד את הקבצים. לקבצי הנתונים נדרשות 4 מסילות.

– **קובץ תוכניות.** חלק גדול מתוכניות המערכת הוא מסוג תוכניות מעבר שנמצאות דרך קבע בדיסק ונקראות לזכרון רק בעת הצורך. ככל שנרבה בשימוש בתוכניות מעבר העומס על הדיסק יעלה, ויגדל זמן התגובה. בשלב ראשון נניח שעיבוד דורש קריאה של 5 תוכניות מעבר. האלטרנטיבה לאחזקת תוכניות מעבר בדיסק הינה אחזקתן בזכרון, אך מגבילים זאת רק לתוכניות שאחזקתן בזכרון מורידה את זמן התגובה. אם הקביעה של 5 תוכניות מעבר לא תשפיע לרעה על זמן התגובה ועל נצילות הדיסק יהיה צורך להעביר כמה מהן לזכרון, ולהיפך – אפשר יהיה לשקול ארגון שונה של הזכרון, התוכניות והקבצים אם זמן התגובה ונצילות הדיסק יהיו נמוכים. לקובץ התוכניות ידרשו 8 עד 12 מסילות.

בחירת כונני הדיסקים

מיעוט הנתונים בקבצים השונים מאפשר להשתמש בכונן דיסקים שבו דיסק אחד בלבד. אבל משיקולי מהירות גישה לנתונים נעדיף כונן בעל שני דיסקים. במקרה זה הקבצים יהיו על פני כמחצית מספר הגלילים. בסעיף הבא נבדוק את ההפרש בין זמני הגישה כאשר משתמשים בדיסק אחד או בשני דיסקים לכונן.

מסיבות גיבוי הוחלט להתקין במערכת שני כונני דיסקים. משמעות הגיבוי היא שהקריאה נעשית מכונן אחד בלבד אך הכתיבה נעשית תמיד במקביל ע' שני הכוננים. בעת תקלה באחד הכוננים מבוצעת הקריאה והכתיבה מהכוו הפעיל בלבד. העובדה שלצורך גיבוי נעשה רישום כפול של הנתונים בשנ הכוננים אינו גורם להאטה משמעותית בביצוע כיון ששניהם פועלים במקביל. האלמנט המשותף היחיד שלהם הוא ערוץ הקלט-פלט של המחשב אשר פועל במדמ"ם בהעמסה נמוכה מאוד.

בעת בחירת סוג הכונן למערכת יש לבחון את הנתונים הטכניים שלו:

– כמות הנתונים שניתן לאחסן בדיסק, בגליל, במסילה ובגזורה. הגישה לנתונים בגליל היא ללא הזזת הזרוע (ללא זמן חיפוש).
– משך זמן סיבוב.
– משך זמן חיפוש ממסילה למסילה ומשך זמן חיפוש ממוצע.
– נוסחת זמן חיפוש.

באירוע זה נקבע שדרושים 10 גלילים של 2 מסילות לשם אחסון הקבצים בדיסק אחד. כאשר משתמשים בכונן של 2 דיסקים יהיו דרושים 5 גלילים בלבד, כל אחד בן 4 מסילות. זמני סיבוב וחיפוש ונוסחת החיפוש ניתנים בהמשך.

זמן גישה ממוצע

בחישוב זמן הגישה הממוצע לרשומה יש לקחת בחשבון שהזרוע של הכונן אינה נעה על פני כל הדיסק מכיון שהקבצים מרוכזים ב-10 גלילים (הצעה א') או

ב־5 גלילים (הצעה ב').

– ההסתברות שבזמן החיפוש תעבור הזרוע X גלילים:

N – מספר הגלילים שבהם מחפשים

$$P_X = \frac{2(N-X)}{N^2}$$

– ההסתברות שהזרוע לא תזוז, כלומר נמצאים בגליל הנדרש

$$P_X = \frac{1}{N}$$

– הממוצע של מספר הגלילים שיש לעבור

$$\bar{X} = \sum_{x=1}^{N} XP_X = \frac{N^2-1}{3N}$$

כאשר N גדול:

$$\bar{X} \approx \frac{N}{3}$$

– השונות

$$\sigma_X^2 = \sum_{x=1}^{N} X^2 P_X - \bar{X}^2 = \frac{N^4+N^2-2}{18N^2}$$

כאשר N גדול

$$\sigma_X^2 \approx \frac{N^2}{18}$$

– זמן החיפוש הממוצע

$$T = \sum_{x=1}^{N} f(X).P_X$$

כאשר f(X) היא נוסחת זמן החיפוש של הכונן.

– השונות

$$\sigma_t^2 = \sum_{x=1}^{N} [f(X)]^2 P_X - T^2$$

נניח שנוסחה מקורבת לזמן החיפוש של הכונן שנבחר היא

$$T_{seek} = 27 + 1.1X \text{ ms}$$

נניח שזמן הסיבוב של הדיסק הוא 40ms, לכן השהיית זמן הסיבוב הממוצעת היא 20ms. זמן החיפוש הממוצע הוא עבור

N = 10

$$T_{seek} = 27 + 1.1\bar{X} = 27 + 1.1\left(\frac{N^2-1}{3N}\right) = 30.7 \text{ ms};$$

$$\sigma T_{seek} = 1.1\sigma_X = 1.1\sqrt{\frac{N^4+N^2-2}{18N^2}} = 2.6 \text{ ms}$$

N = 5

$$T_{seek} = 28.5 \text{ ms}$$

$$\sigma_{Tseek} = 1.3 \text{ ms}$$

הפרש זה אינו משמעותי ואינו מצדיק את ההוצאה שכרוכה ברכישת כונן בעל שני דיסקים ועל כן נשתמש בכונן בעל דיסק אחד בלבד.

זמן המתנה ואורך התור

בציור 12.4 מתוארים השלבים מהם מורכבת הקריאה מהדיסק.
מופע תנועות הקלט במערכת הוא

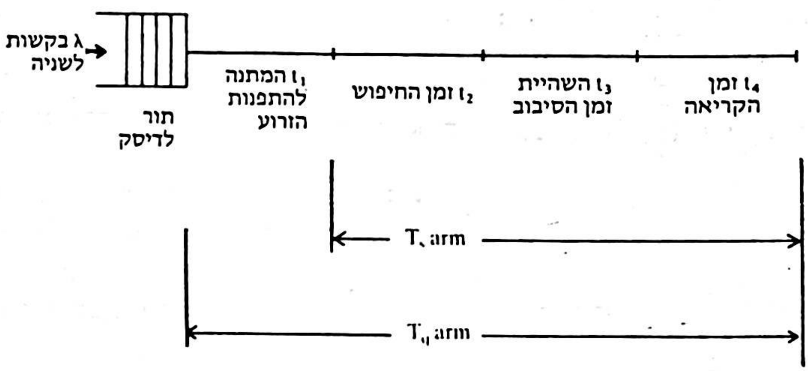
$$\lambda = \frac{1\ \text{msg}}{30\ \text{sec}} \times 8 + \frac{1\ \text{msg}}{5\ \text{sec}} \times 6 + \frac{1\ \text{msg}}{120\ \text{sec}} \times 5 = 1.5\ \text{msg/sec}$$

עמדות מצגים   מחשבים מרוחקים   שאילתות

מופע תנועות הפלט הוא

$$\lambda_2 = \frac{1}{30} \times 8 + \frac{1}{10} \times 4 + \frac{1}{10} + \frac{1}{10} \times 4 = 1.15\ \text{msg/sec}$$

אישור לעמדות מצגים   בקרים   לוח תצוגה   עמדות פלט



ציור 12.4: שלבי הקריאה מדיסק

מכאן שכל תנועת קלט גורמת בממוצע ל־0.77 תנועות פלט.
כל תנועה שנקלטת במחשב גורמת לסדרת הגישות הבאות לדיסק:

- כתיבה לתור לעיבוד,
- קריאה מתור העיבוד,
- 1.2 גישות לקבצים בממוצע,
- עיבוד על־ידי 5 תוכניות מעבר,
- 0.8 כתיבות לתור הפלט בממוצע,
- 0.8 קריאות מתור הפלט בממוצע.

הקריאה מהדיסק נעשית במהירות של 200,000 תוים בשניה ולכן העברת תו אחד נמשכת 5μs. בממוצע יש לקרוא 3 גזרות (256 תוים בגזרה) בגישה אחת, ולכן

$T_4 = 3 \times 256 \times 5\ \mu s = 3.8\ \text{ms}$

$T_2 = 30.7\ \text{ms}$

$T_3 = 20\ \text{ms}$

$T_{Sarm} = 54.5$

נצילות הזרוע: $\rho_{arm} = \lambda T_{Sarm} = 0.8$

נחשב עתה את סטיית התקן של זמן השירות.

ניתן להניח בקירוב שהשהיית זמן הסיבוב וזמן הקריאה מפולגים בפילוג אחיד בין הערכים X_1 ו־X_2.

$X_1 = 3.8 + 40 = 43.8$ ms

$X_2 = 3.8 + 0 = 3.8$ ms

השונות של פילוג אחיד היא $\frac{(X_2 - X_1)^2}{12}$

לכן $\sigma_{t_{3\text{-}4}}{}^2 = \frac{40^2}{12} = 134 \text{ ms}^2$

$$\sigma^2_{Sarm} = \sigma^2_{t_2} + \sigma^2_{t_{3\text{-}4}} = 0.25 + 134 = 134.25 \text{ ms}^2$$

$$\sigma_{Sarm} = \sqrt{134.25} = 11.6 \text{ ms}$$

מכיון שזמן השירות הוא צירוף של זמני שירות בעלי פילוג מעריכי ואחיד נתאים לו פילוג ארלנג.

פרמטר ארלנג $R = (\frac{T_s}{\sigma_s})^2 = (\frac{54.3}{11.6})^2 > 20$

קבלנו פילוג שמתקרב לזמן שירות קבוע.

בעזרת נתונים אלה אפשר לערוך סימולציה שמתוארת בסעיף "הערכת זמני העיבוד במערכת".

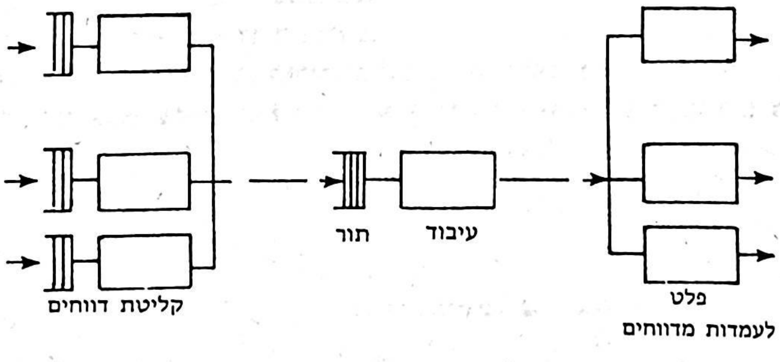
מהסימולציה התקבל נצילות הדיסק: $\rho = 0.834$

זמן ההמתנה הממוצע לדיסק $T_W = 14.5$ ms

אורך התור הממוצע לדיסק $L_W = 0.22$

התור המכסימלי הוא $L_{W\,max} = 4$

כלומר, במקרה החמור ביותר מצפות 4 בקשות לגישה לדיסק, לקריאה או לכתיבה.

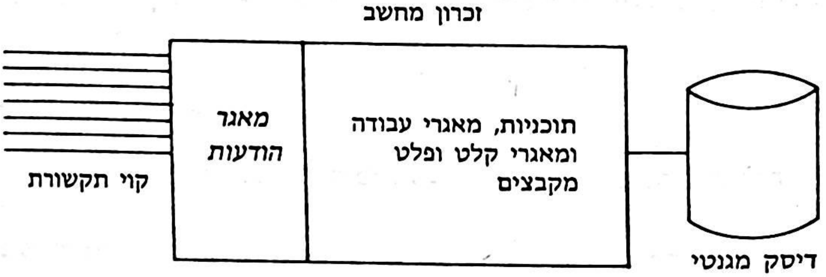


תכנון מאגרי זכרון לתקשורת

מאגרי זכרון נדרשים במחשבים למטרות שונות וביניהן לשם אחסון זמני של נתונים לכל פעולת קלט־פלט יש לתכנן את שיטת הקצאת המאגרים כדי שמספרם יהיה מינימלי ותפושת הזכרון תהיה קטנה. בהמשך ננתח את דרישות מאגרי הזכרון לתקשורת.

הקצאת המאגרים

במערכת תקשורת יש צורך בהקצאת מאגר לכל מסוף פעיל. בצורה הפשטנית ביותר, אורך המאגר יהיה כאורך המירבי של ההודעה שעשויה להגיע מהמסוף. במערכת שכוללת מספר רב של מסופים וקוים יהיה זה בזבוני להקצות מאגר קבוע לכל מסוף בהתאם לאורך ההודעה המירבי. במקרה זה נוהגים בשיטת המאגר הדינמי.



ציור 12.5: מאגרי הודעות כתיווך בין קוי התקשורת והדיסק

בגמר הקליטה של ההודעה, עליה לחכות בתור לעיבוד. החזקת ההודעה בכל פרק הזמן הזה בזכרון, הינה בזבזנית והיא באה לידי ביטוי בזמן תגובה או בזכרון. העלות בזמן תגובה קיימת כאשר מאגר זה הוא היחיד שהוקצה למסוף ולא ניתן לבצע בו התקשרות נוספת לפני גמר עיבוד ההודעה הקודמת. כאשר הקצאת המאגרים למסוף היא דינמית, תפישה של מאגר לפרק זמן ארוך תדרוש מספר רב של מאגרים. מסיבות אלה נהוג להשתמש במאגרי הזכרון רק כתיווך ביניים לפני העברת ההודעות לדיסק.

הודעה שנקלטת מקו תקשורת תמצא במאגרי הזכרון של המחשב בפרקי הזמן הבאים:

א. בזמן הקליטה,

ב. בהמתנה להעברה לדיסק לפני עיבוד,

ג. בזמן העיבוד.

קיימות ארבע שיטות להקצאת מאגרי זכרון:

א. מאגר קלט־פלט קבוע מוקצה לכל קו. גודל השטח מתאים לאורך ההודעה המירבי שניתן לקלוט או לשדר לקו. כאשר נוהל התקשורת הוא דו־מגמי למחצה יכול אותו שטח לשמש הן לקלט והן לפלט. אם נוהל התקשורת הוא דו־מגמי יש צורך במאגרים נפרדים לקלט ולפלט.

ב. מאגר באורך קבוע, כאורך ההודעה המירבי, נלקח מאוסף מאגרים לפני חקירה או לפני מעינה. בזמן העיבוד יוקצה מאגר אחר אליו תועבר ההודעה מהדיסק.

ג. הקצאת מאגר בהתאם לאורך ההודעה מתוך אוסף מאגרים. שיטה זו מתאימה בעיקר לפלט, כיון שאז ידוע למחשב אורך ההודעה.

ד. הקצאת מאגר בגודל קבוע, קטן מאורך ההודעה הארוכה ביותר. כאשר המאגר מתמלא מוקצה מאגר נוסף וכן הלאה. שיטה זו מתאימה בעיקר לקלט במערכת שיש בה פילוג גדול באורך ההודעות וקיימות בה לעיתים הודעות ארוכות מאד. הקצאת מאגר לפי ההודעה הארוכה ביותר תהיה בזבזנית במקרה כזה.

חישוב תפושת הזכרון

חישוב התפושה המירבית של הזכרון בעבור המאגרים יכולה להעשות בשתי שיטות.

בשיטה א' שהיא הפשוטה ביותר ליישום, אם ישנם במערכת N קוים ואורך ההודעה מירבי הוא P תוים, יש צורך במאגרים עבור N.P תוים.

בשיטה ב' תפוש המאגר רק בזמן התקשורת (בהזנחת זמן ההמתנה לדיסק). אם מהירות השידור היא S תוים לשניה ואורך ההודעה המירבי הוא P תוים, אזי יתפש המאגר למשך P/S שניות.

אם קצב הקלט הוא F הודעות לשניה בממוצע, נצטרך F מאגרים באורך P תוים, שכל אחד מהם יתפש למשך P/S שניות, כלומר נצטרך בממוצע שטח מאגרים של

$$\frac{F \cdot P \cdot P}{S} = \frac{FP^2}{S}$$

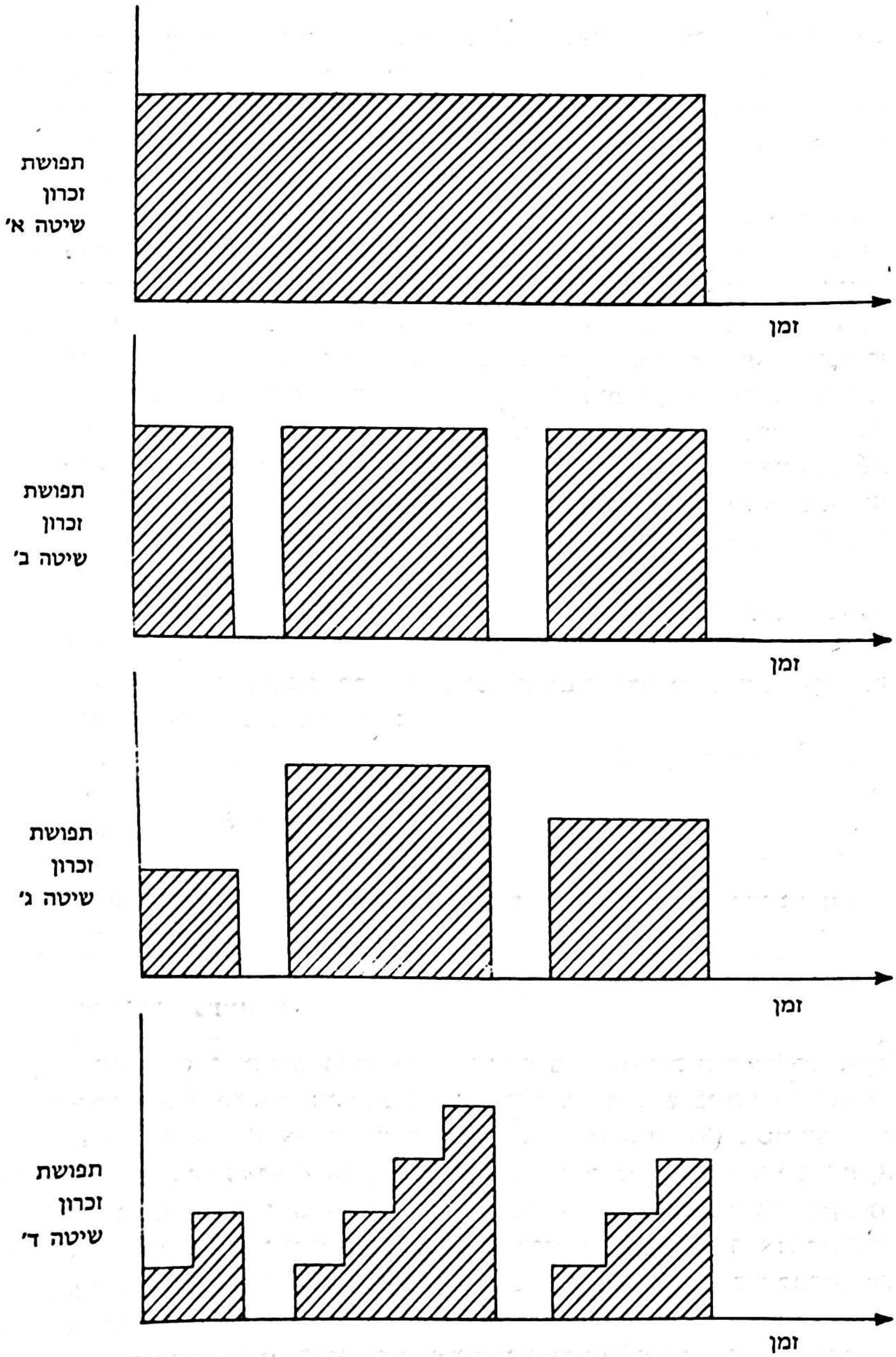
היחס בין שטח זה לשטח שנדרש בשיטה א' הוא

$$\frac{FP^2}{SNP} = \frac{FP}{SN}$$

– SN הוא גם מספר התוים המירבי שניתן לשדר ב־N קוי המערכת.

– PF הוא מספר התוים שמשודרים למעשה במערכת בהנחה שכל ההודעות הן שוות, בנות P תוים כל אחת. מכאן ששיטה א' מתקרבת לשיטה ב' ביעילות רק כאשר מספר התוים שמשודר בקוים שווה למספר המירבי של התוים שניתן לשדר, כלומר כשנצילות הקוים מתקרבת ל־100 אחוזים.

מתוך הנוסחה של שיטה ב' ניתן לראות ששטח המאגר שנדרש נמצא ביחס



ציור 12.6: ארבע שיטות להקצאת מאגרים

ישר לריבוע אורך ההודעה המירבי. לכן רצוי בעת השימוש בשיטה זו להגביל את אורך ההודעות שמשודרות במערכת.

מבחינת תכנות, שיטות א׳ ו־ב׳ הן פשוטות ליישום. כאשר אפשר להקצות את מספר המאגרים שנדרשים בשיטות אלו והדבר אינו מהווה נטל כבד מדי למערכת, לא כדאי ליישם את שיטות ג׳ ו־ד׳.

במדמ״ם רוב הודעות המסופים הן באורך קבוע. דבר זה מפשט את הבעיה מכיון שאין תחום רחב של אורכים שמצדיק הקצאה דינמית של מאגרים. לכל קו רב־נקודתי נדרש רק מאגר אחד. למרות שפונים בכל פעם אל מסוף אחר, ברגע מסויים קיים תמיד קשר רק אל מסוף אחד. מאגר זה יכול לשמש הן לקלט והן לפלט מכיון שהתקשורת היא דו־מגמית למחצה. מכאן, שבמידה שנחבר לכל קו קבוצות מסופים בעלי אורך הודעה זהה, נוכל להקצות לקו הזה מאגר שאורכו יהיה שווה לאורך ההודעה. הקצאה זו אינה בזבזנית ויישומה הוא פשוט ביותר. לדוגמה, נחבר לקו אחד מצגים של מדווחים שהמשותף להם הוא הודעה קבועה באורך שתי שורות של המצג. לקו אחר נחבר מצגי פלט שההודעה אליהם היא באורך שורה אחת. בנוסף לנתונים עצמם על המאגר להכיל גם את תוי הבקרה של התקשורת.

בדיקת אורכי ההודעות מראה שיש צורך ב־3 סוגים של מאגרים: באורך של 60 תוים, באורך של 78 תוים ובאורך של 136 תוים. את כמות הזכרון שיש להקצות למאגרים אפשר לחשב לאחר תכנון מספר הקוים שנדרשים למערכת וקביעת אופן חלוקת המצגים בין הקוים.

תכנון פרישת הרשת

תכנון פרישת הרשת כולל את תכנון הקוים וחישוב ההעמסה עליהם בתקופת פעילות רגילה ובמצב של תקלה כאשר יש צורך בגיבוי.

תכנון קו רב־נקודתי

חיבור מספר מסופים על קו אחד עלול לגרום להיווצרות תור של ממתינים לשירות הקו. כל אחד מהמסופים יכול להיות במצב שיש בו הודעה לשידור (Positive response) או שאין לו מה לשדר (Negative response). בשני המקרים קיים זמן שירות אלא שבמקרה השני הוא קצר יותר. בניתוח הבעיה יש למצוא מהו מספר המסופים שניתן לחבר לקו אחד כדי שזמן ההמתנה של כל מסוף, עד אשר מגיעים אליו בתהליך הסריקה, יעמוד בדרישות זמן התגובה. את החישוב של זמן ההמתנה רצוי לבצע עבור תחום ערכים של מופע הקלט כדי לבדוק את השפעת הגידול במופע על זמן התגובה.

בעיה נוספת שרצוי לבדוק היא האם רצוי לעבד את הקליטה במחשב ולהגיב מיד על הקלט, או לבצע שתי התקשרויות, האחת לצורך הקליטה והשניה למתן

התגובה. האפשרות הראשונה נותנת למצג תגובה מהירה, מכיון שכל התהליך מתבצע בהתקשרות אחת, אבל גורמת זמן המתנה ממושך יותר לסריקת המחשב. באפשרות השניה תהיה התגובה מאוחרת יותר אבל תהיה המתנה קצרה יותר למחזור הסריקה. יתרון נוסף שקיים בשיטה השניה הוא העסקה קצרה יותר של הקו שמאפשרת נצילות טובה יותר שלו.

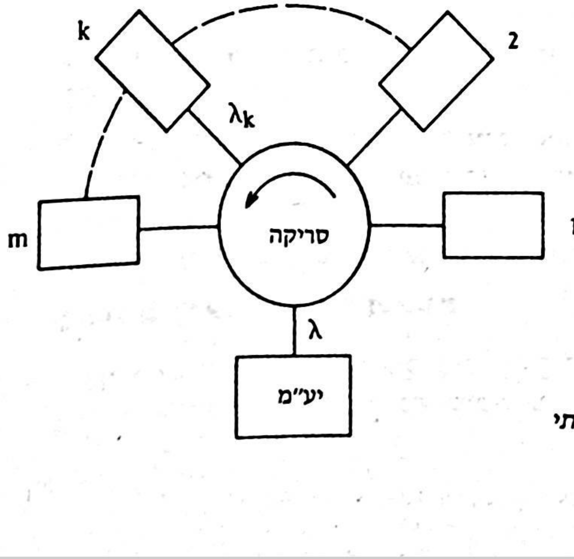
נושאים אחרים שיש לקבל עליהם החלטה הם שיטת הקשר, דו־מגמי או דו־מגמי למחצה, וקצב שידור שכדאי לעבוד בו. ככל שעולים בקצב השידור זמני התגובה הם קצרים יותר, אבל עליה בקצב גורמת לאחוז גבוה יותר של שגיאות שידור. כתוצאה מהצורך לחזור על השידור השגוי מספר פעמים ישנה ירידה בביצועים. J. Martin (ראה ביבליוגרפיה) בדק בעיות אלו באופן אנליטי ובסימולציה ומצא שבדרך כלל שחרור הקו בין הקלט והפלט היא שיטה טובה יותר מאשר החזקתו. ככל שמהירות השידור גדלה, גדל גם היתרון בשיטה זו.

במדמ"ם התקשורת היא דו־מגמית למחצה תוך שימוש בקו 4 תילי. השימוש בקשר דו־מגמי למחצה נובע מכך שנוהל התקשורת BSC שנבחר אינו מאפשר עבודה בקשר דו־מגמי. השימוש ב־4 תילים מאפשר החזקת גל נושא קבוע בקו השידור ובו נעשית הקליטה, דבר שמקטין את זמן הסבב של המודמים. קצב השידור נבחר כ־2400/1200 סיביות לשניה. התקשורת מתבצעת בקצב של 2400 ס"ש ורק כאשר בקו מסויים חלה עליה באחוז שגיאות השידור מורידים בו את הקצב ל־1200 ס"ש.

חישוב ההעמסה על קו בעמדות המדווחים

בסעיף זה נחשב מהו מספר המסופים של עמדות המדווחים שניתן לחבר לקו רב־נקודתי אחד. האילוץ הוא שזמן ההמתנה לחקירת המסוף לא יעלה על שניה אחת.

כל אחד מהמסופים שמחוברים לקו יכול לשלוח דיווח שזמן השידור שלו (ללא זמן חקירה) הוא Ts. אם אין לו דיווח הוא עונה בתשובה שלילית ומשחרר את הקו.



ציור 12.7: חקירה בקו רב־נקודתי

מופע הדיווחים מכל מסוף הוא λ_k ומספר המסופים על הקו הוא M.

- מופע הקלט על הקו הוא λ

$$\lambda = \sum_{k=1}^{m} \lambda_k$$

- הנצילות של הקו היא ρ

$$\rho = \lambda \cdot T_s$$

נחשב עתה את הזמן שנדרש לפעולת החקירה Tp. החישוב נעשה בהנחה של שימוש בקו 4 תילי עם מודם. זמן השידור של תו אחד (=8 סיביות) בקצב של 2400 סיביות בשניה הוא 3.3ms.

הזמן Tp שנדרש לביצוע פעולת החקירה (במילישניות):

.1	התקשרות המחשב עם המודם והרמת הגל הנושא	15
.2	שידור תבנית חקירה שכוללת את תוי החקירה, תוי הבקרה, תוים ריקים ותוי הסנכרון (13 תוים)	40
.3	סבב המדם	10
.4	התשובה השלילית של המסוף (5 תוים)	16.5
	סה"כ	76.5

זמן השירות Ts מורכב מהזמנים הבאים (במילישניות):

.1	שידור דיווח באורך 140 תוים	460
.2	סבב המודם	10
.3	אישור המחשב (Conversational) ושחרור המצג (9 תוים)	30
.4	סבב המודם	10
.5	אישור המסוף (5 תוים)	16.5
.6	סבב המודם	10
.7	תשובת המחשב EOT (5 תוים)	16.5
	סה"כ	553.0

בעזרת תוכנית אנליטית מחשבים את תוחלת זמן ההמתנה של הדיווח מגמר ההקשה ועד שהחקירה מגיעה למסוף. תוצאות התוכנית נתונות בגרף שבציור 12.8, כפונקציה של λk.

לפי נתוני המערכת

$$\lambda_{k_1} = \frac{1 \text{ message}}{30 \text{ sec}} = 0.033 \text{ msg/sec}$$

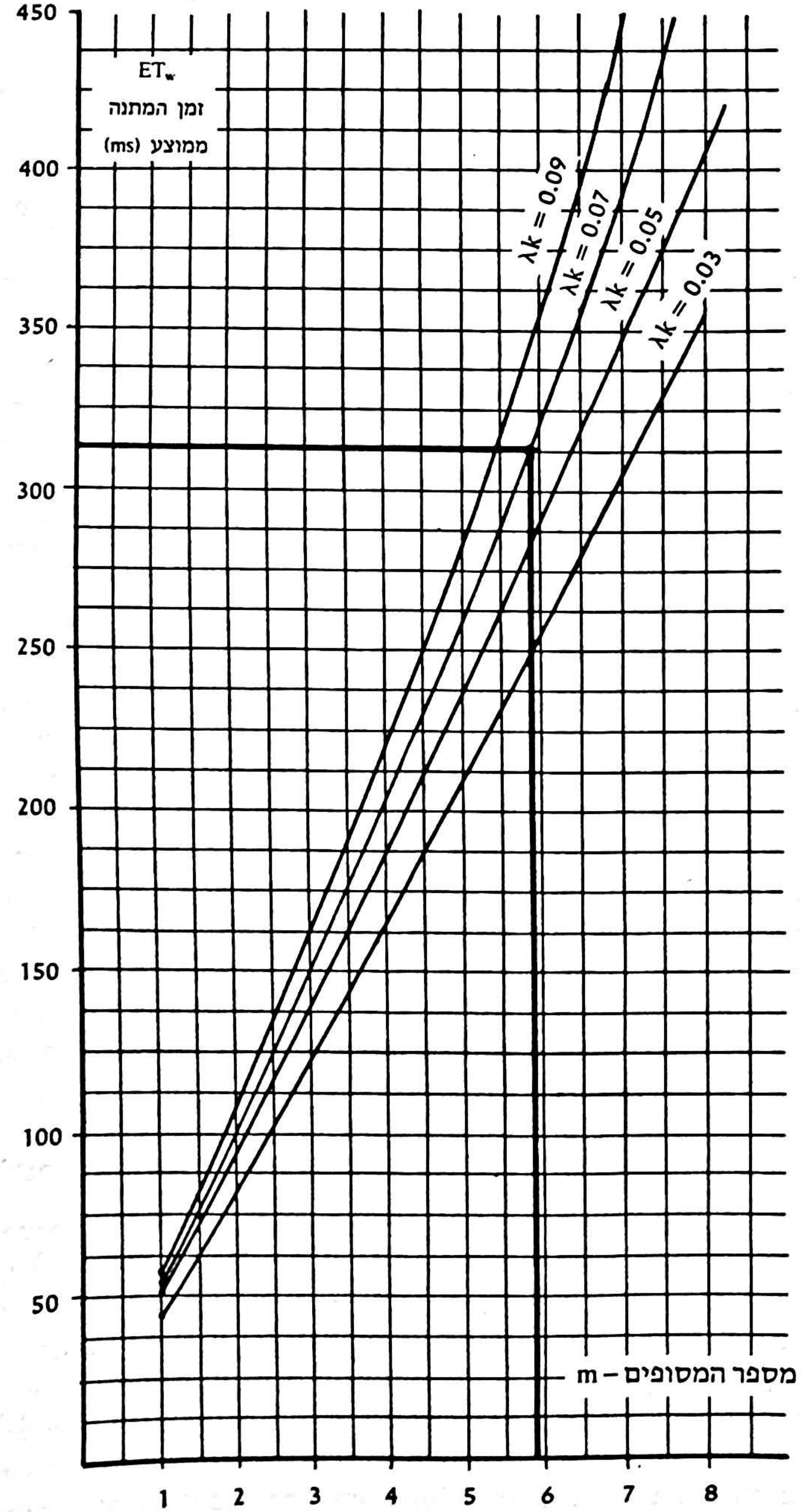
על הקו ישנה גם תנועת פלט למסופים בעלת מופע שווה למופע הקלט. לכן $\lambda_k = 0.067$.

לפי התוצאות של זמן השהייה ניתן לראות שאם נחבר 6 מסופים על קו אחד, זמן ההמתנה הממוצע יהיה 320ms עבור המופע הנתון. לזמן זה יש להוסיף את זמן השירות כדי למצוא את זמן התגובה $T_{response} = 320 + 553 = 873 \text{ ms}$

תגובה זו עומדת בדרישה של זמן תגובה בתוך שניה אחת.

שיקולים להעמסת קוי התקשורת

קוי התקשורת מהווים מרכיב בעל מחיר לא מבוטל במערכת תקשורת. בתכנון פרישת הקוים יש לחפש שיטה שתבטיח מספר קוים ואורך קוים



ציור 12.8: פלט התוכנית האנליטית לחישוב תוחלת זמן ההמתנה

מינימלי. חסכון במספר הקווים יכול להעשות על־ידי חיבור מספר רב ככל האפשר של מסופים על כל קו בשיטת חיבור רב־נקודתי. אך קיימות מספר מגבלות למספר המסופים שניתן לחבר על קו אחד.

מגבלה אחת היא החסם העליון של כמות התעבורה שניתן להעביר בקו ביחידת זמן. חסם זה יכול להיות נמוך מאשר מופע הדיווחים שעל המסופים להזרים למערכת. ככל שמספר המסופים הקשורים לקו גדל כן קטן החסם, מכיון שחלק גדול יותר מן הזמן מוקדש לסריקת המסופים על חשבון זמן השידור של הדיווחים עצמם.

מגבלה שניה היא זמן ההמתנה של כל מסוף עד אשר הסריקה מגיעה אליו. כאשר ישנה דרישה לזמן היענות מסויים היא קובעת את המספר המקסימלי של מסופים שניתן לחבר לקו.

מגבלה אחרת היא מיקום המסופים אשר קובע היכן ניתן לבצע באופן מעשי את החיבור הרב־נקודתי. מגבלה נוספת היא אפשרות ההעמסה של המודם. הנמדדת במספר הקוים המקסימלי שניתן לחבר לו בחיבור רב־נקודתי. בנוסף למגבלות אלו יש לקחת בחשבון בעת התכנון את בעיות הגיבוי. כלומר, כאשר חלק גדול ממסופי המערכת מחוברים לקו אחד, תקלה בו גורמת להשבתה של חלק גדול של המערכת.

אחת השיטות הפשוטות לבדיקת השפעת החסם העליון של מספר התשדורות שניתן להעביר בקו ביחידת זמן היא יצירת טבלת נתוני תעבורה. כאשר לכל המסופים על הקו יש תשדורות באורך שווה, מפרטת טבלה זו את מספר התשדורות המקסימלי שניתן להעביר בקו ביחידת זמן כתלות במספר המסופים על הקו.

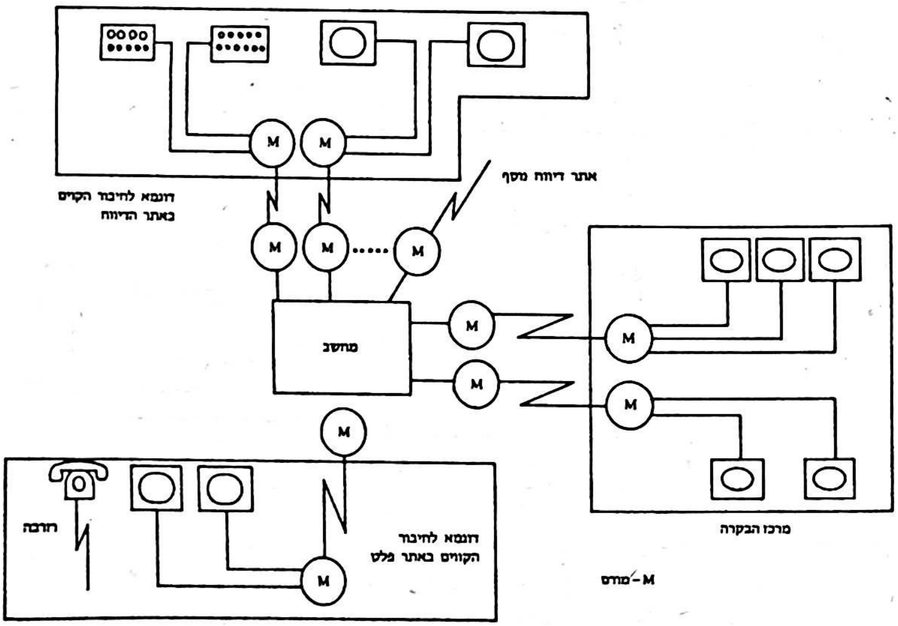
מטבלה זו ניתן לבחור את מספר המסופים המקסימלי שעדיין עונה על מופע התשדורות הצפוי מכל מסוף. כאשר המסופים הינם מסוגים שונים ואורך התשדורות שלהם משתנה בניית הטבלה הינה קשה יותר. חברות המחשבים נוהגות לספק תוכניות עזר לביצוע חישובים אלה. במקרה כזה מכילה טבלת נתוני התעבורה את הניצולת המקסימלית של הקו כתלות במספר המסופים הקשורים אליו.

פרישת הקוים והמסופים במערכת

במדמ"ם הבעיה העיקרית איננה מספר הדיווחים המקסימלי שניתן להעביר בקו אלא הדרישה לזמן המתנה קצר לחקירה, והדרישה לגיבוי ושרידות. לפי החישוב בסעיף "תכנון קו רב־נקודתי" ניתן לחבר 6 מסופים על קו אחד ולעמוד בזמן המתנה הנדרש. הנצילות של הקו במקרה זה היא 0.2 שהיא נמוכה בהרבה מהנצילות המקסימלית האפשרית – 0.88.

מבחינת מיקום המסופים, קיימים במדמ"ם 4 אתרי דיווח שבכל אחד ישנם שני מסופים, ובשלושה מהאתרים ישנם בנוסף 2 מחשבים מדווחים. במרכז הבקרה ישנם 5 מסופים, בכל אחד משני אתרי הפלט ישנם 2 מסופים.

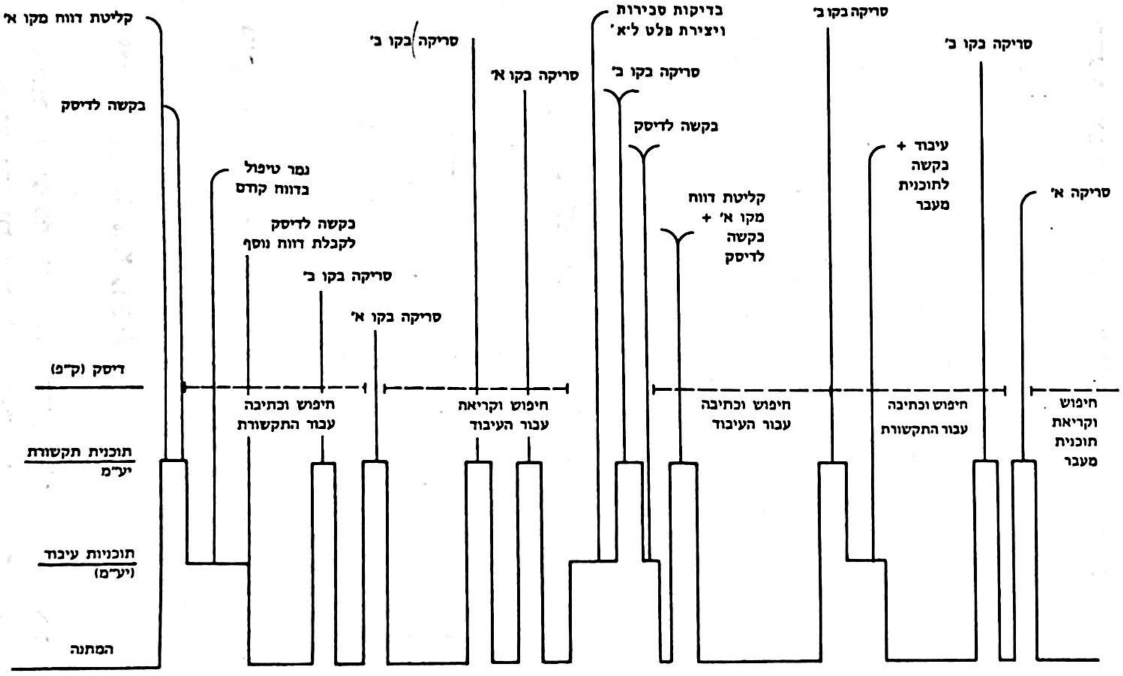
משיקולי גיבוי חוברו המסופים באתר דיווח אל קו אחד, והמחשבים באותו אתר חוברו אל מודם וקו אחרים. כאשר חלה תקלה בקו או במודם שבאחד האתרים, מחברים את המסופים המנותקים אל המודם או הקו השני. במקרה כזה ישנה ירידה בזמן ההיענות של המערכת למסופים על הקו, אבל כל המסופים ממשיכים לפעול. שיטה דומה ננקטה במרכז הבקרה. באתר דיווח שבו אין מחשבים מדווחים ובאתרי הפלט הותקנו קו ומודם רזרביים לגיבוי. קו זה משמש בדרך כלל לקשר דיבור ורק בזמן תקלה בקו השני משתמשים בו להעברת נתונים.



ציור 12.9: תאור סכמטי של פרישת הקוים במדמ"ם

הערכת זמני התגובה במערכת

במערכת תקשורת ההערכה של חלוקת הזמן של המחשב היא פעולה מורכבת אך הכרחית. הערכה נדרשת כדי לודא שהמחשב יכול לענות על דרישות המערכת ולהבטיח שלא יווצרו בו תורים אינסופיים. היא נדרשת גם כדי לבחון את הנצילות של המחשב ואת אפשרויות הגידול בעומס מבלי "לסתום את המערכת".



ציור 12.10: תרשים זמנים מפושט של העיבוד במדמ"ם

הערכת שלבי תהליך העיבוד

לשם ביצוע החישובים יש לקבוע את תהליך העיבוד במערכת. במדמ"ם מתבצע הקשר בין תוכנית התקשורת לבין תוכנית העיבוד באמצעות תורים. תוכנית התקשורת חוקרת במקביל את כל קווי המערכת. עם גמר קליטת דיווח באחד הקוים נפסקת החקירה על אותו קו עד אשר הוא מועבר לתור העיבוד על דיסק, ולאחר מכן נמשכת החקירה.

תוכנית העיבוד שולפת דיווח מהתור ומטפלת בו בשני שלבים. בשלב ראשון נערכות בדיקות סבירות של הקלט ובהתאם לתוצאות הבדיקות מועברת הודעה לתור הפלט של המצג המדווח. בשלב שני מנתחים את הדיווח באמצעות שגרות מעבר, מעדכנים את קבצי המערכת ויוצרים דיווחי פלט המוכנסים לתורי הפלט.

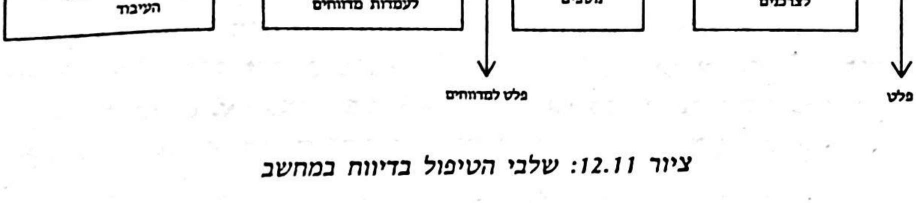
בציור 12.10 מתוארת הפעילות המקבילה של תוכנית העיבוד, תוכנית התקשורת והגישה לדיסק. תוכנית התקשורת פועלת ברמת עדיפות גבוהה יותר מאשר תוכנית העיבוד ולכן היא מפסיקה את תוכנית העיבוד לפרקי זמן קצרים כדי לנתח את תגובת המסוף. קיימת תחרות בין תוכנית התקשורת ותוכנית העיבוד על השימוש בדיסק, וכשאחת מהן פונה לדיסק, על השניה להמתין לגמר הפעולה. כדי להעריך את זמן התגובה של המערכת בוצעה סימולציה באמצעות שפת הסימולציה GPSS-V. לצורך תיאור המודל חולק תהליך העיבוד למספר שלבים כפי שתואר קודם.

בציור 12.11 מתוארים השלבים של הטפול בדיווח:

– בשלב ראשון פועלת תוכנית התקשורת שקולטת את הדיווחים במקביל ומאחסנת אותם בדיסק בתור העיבוד.

– בשלב השני מופעלת תוכנית בדיקת הקלט אשר כוללת גישה אחת לדיסק לשליפת דיווח מתור העיבוד. בשלב זה נוצר גם פלט לעמדות המדווחים. הגישות לדיסק שנובעות מפלט זה מהוות רק 18 אחוזים מכלל הגישות בשלב ב'. לכן הוזנחה תוספת זו בסימולציה והוקצתה לשלב זה גישה אחת לדיסק.

– בשלב שלישי עובר הדיווח עיבודים נוספים שכוללים קריאה ל־5 תוכניות מעבר, 1.2 גישות בממוצע לקבצים ו־0.8 גישות בממוצע לאחד מתורי הפלט, בסה"כ 7 גישות לדיסק בשלב זה. בגלל מהירות הביצוע הגבוהה ניתן להזניח את זמן העיבוד ביחס לזמן הגישה לדיסק, כך שאת זמן הביצוע של כל שלב קובעות למעשה מספר הגישות לדיסק שמתבצעות באותו שלב.



ציור 12.11: שלבי הטיפול בדיווח במחשב

תוצאות ומסקנות

בסעיפים קודמים חושבו זמני המתנה בתורים לדיסק, זמני עיבוד קלט ופלט וזמני שידור. התוצאות שהתקבלו משמשות בסיס לחישוב שלהלן.

זמן ההמתנה הממוצע מרגע קליטת הדיווח במחשב ועד ליצירת פלט לעמדת מדווחים הוא 1.48 שניות. סטית התקן של זמן זה היא 1.52 שניות וב־95 אחוזים מהמקרים יהיה זמן ההמתנה קטן מ־4.6 שניות. לזמן זה יש להוסיף את זמן ההמתנה לסיום חקירת מסוף אחד שנמשך בממוצע כ־0.25 שניות וזמן השידור שנמשך בממוצע 0.5 שניות. הדרישה המבצעית היתה תגובת מחשב לעמדת מדווחים תוך 10 שניות והסימולציה הראתה שהתכנון עומד בתנאי זה.

הזמן הממוצע בין קליטת הדיווח לבין יצירת הפלט הסופי של המערכת הוא 1.96 שניות עם סטית תקן של 1.52 שניות, וב־95 אחוזים מהמקרים יהיה זמן ההמתנה קטן מ־5.1 שניות. גם לזמן זה יש להוסיף את זמן ההמתנה לסיום חקירת מסוף אחד (בדיקה אם קיים פלט לקו נעשה לפני חקירה של כל מסוף על הקו) ואת זמן השידור בקו. בדרישה המבצעית נקבע פרק זמן מקסימלי של 60 שניות ליצירת הפלט.

האופי הטורי של תוכנית העיבוד גורם לתור לתוכנית זו. אורך התור הממוצע הוא 2 דיווחים, האורך המקסימלי הוא 15 דיווחים, זמן ההמתנה הממוצע בתור הוא 1.3 שניות. כלומר, המערכת עומדת בדרישה לזמן התגובה לעמדות המדווחים ובדרישת זמן התגובה ליצירת הפלט.

אמינות, זמינות וגיבוי

מדמ"ם הינה מערכת קריטית אשר צריכה לפעול ברציפות 24 שעות ביממה במשך שבעה ימים בשבוע. לכן נדרשת מהמערכת מידה גבוהה של זמינות. במערכות המחשבים אפשר להבחין בשתי קבוצות חומרה עיקריות: חומרה הבנויה מרכיבים אלקטרוניים כדוגמת היע"מ והזכרון ויחידת הבקרה לתקשורת, וחומרה הבנויה מרכיבים מכניים או אלקטרומכניים כדוגמת דיסקים מגנטיים, מדפסות ועוד.

רמת האמינות והזמינות של הרכיבים האלקטרוניים הינה גבוהה. אולם רכיבים רגישים במערכת הן יחידות הציוד ההיקפי אשר בהיותן בעלות חלקים מכניים נעים הזמן הממוצע בין תקלות בהן נמוך מאשר בשאר חלקי המערכת.

אלמנט חלש נוסף של המערכת הם קוי התקשורת שאיכות ההעברה בהם משתנה במשך שעות היום ובתקופות שונות של השנה. איתור התקלות בקוים ותיקונן נמשך בדרך כלל זמן רב יותר מאשר תיקון רכיב במערכת המחשב.

כדי להעלות את זמינות המערכת, על מערכת התוכנה לנסות להתגבר על התקלה על יד חזרה מספר פעמים על פעולה שנכשלה, או על־ידי נסיון לפתור את הבעיה תוך שימוש באופני פעולה אלטרנטיביים. כלומר, עדיף להפעיל את המערכת בביצועים נחותים בתקופת התקלה מאשר לגרום לשיתוקה.

איתור תקלות אפשריות

תכנון שיטת ההתגברות על תקלות צריכה לענות על תקלות ברכיבים הבאים:

- המחשב,
- הציוד ההיקפי,
- המסופים,
- ציוד התקשורת.

אחת הבעיות העיקריות בנושא זה היא בעית איתור מקור התקלה. כיון שהמערכת מורכבת ממספר רב של רכיבים, תקלה באחד מהם אינה מאפשרת במקרים רבים אבחון חד משמעי של מקור התקלה.

תקלות קורות לעיתים בגלל הפעלה לא נכונה של מצגים אשר יכולה להראות למפעיל כתקלה במערכת המחשב. כדי להתגבר על מקור זה של תקלות יש צורך בהדרכה טובה של המפעילים ובספרות הפעלה מפורטת שמכילה הנחיות ושיטות לאבחון מקור התקלה והוראות מפורטות להתגברות על תקלות.

תקלות אחרות קורות בגלל פגמים בתוכנה. במערכת תקשורת קשה בדרך כלל לנפות את כל צירופי המקרים האפשריים ולכן יתכנו צרופי מקרים שלא נוסו שעלולים לגרום עצירה של המערכת. פתרון מוחלט לבעיה זו לא קיים, אבל סטנדרטית צפויות בה פחות תקלות.

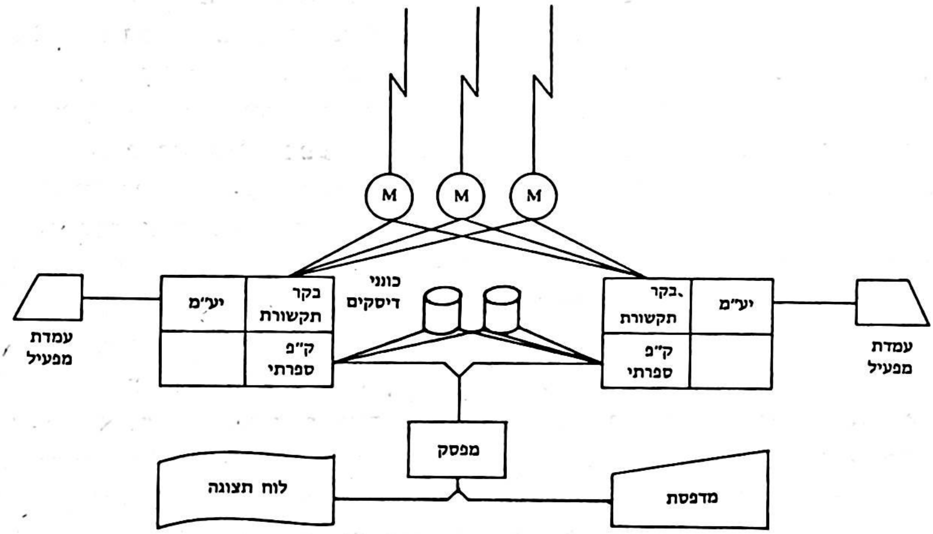
במערכת מבצעית פועלת אין זה רצוי להכניס גירסאות חדשות של תוכנה אלא כאשר העדכונים חיוניים ורלוונטיים למערכת. את העדכונים או את החלפת התוכנה הסטנדרטית או תוכנת היישומים יש לבצע בזהירות רבה ובתקופות של עומס נמוך. כל שינוי בתוכנה עלול לגרום לתקלות בלתי צפויות אם אין מבצעים אותו כראוי ובתהליך של בקרה בכל שלב של השינוי.

בעיה נוספת היא בעית האחזקה המונעת התקופתית של ציוד מערכת המחשב, קוי התקשורת והמודמים. כאשר אין גיבוי מלא תגרור האחזקה את השבתת המערכת. יש לדאוג למערכת מגבה לתקופת האחזקה המונעת או לנוהלים שיאפשרו הפסקת העבודה לפרק הזמן הזה. כאשר הפתרון היחיד הוא הפסקת העבודה, רצוי לבחור את זמן ביצוע האחזקה המונעת בזמן של היום והשבוע בו התעבורה היא נמוכה והפסקת הפעילות אינה קריטית.

במדמ"ם הוקם מערך מקביל של טלפונים אשר יכול לגבות את המערכת מחינה מבצעית כאשר המערכת מושבתת, או חלקים שלה מושבתים. יש למערך הטלפונים חשיבות גם מבחינה טכנית בגלל הצורך בתיאום בין הקצוות כאשר קורית תקלה באחד מרכיבי מערכת התקשורת. לדוגמה, בזמן שחולף מעת גילוי התקלה במסוף או בקו מסויים ועד לפתרון הבעיה אוגר המחשב בתוכו את הדיווחים לפלט. את הדיווחים מעבירים למרכז באמצעות הטלפון ומזרימים אותם למחשב באמצעות מסוף במרכז הבקרה.

תקלה במחשב

במדמ"ם מורכבת מערכת המחשב, להוציא ציוד היקפי, מהיחידות הבאות: יחידת עיבוד מרכזית (כולל זכרון), יחידת בקרה לתקשורת ויחידת בקרה לקלט־פלט ספרתי. כדי להגדיל את אמינות המערכת יש צורך בגיבוי יחידות אלה, ופתרון אפשרי לכך הוא אחזקת מערכת נוספת שתופעל כאשר המערכת הרגילה תתקלקל. לצורך הפעלת המערכת המגבה יש צורך בחיבור הציוד ההיקפי של המערכת הראשונה אל המערכת המגבה, או לאפשר גיבוי מלא של הציוד ההיקפי. מערכת שנותנת גיבוי מלא למערכת המחשב מוצגת בציור 12.12. ציוד פחות קריטי כמו מדפסת ראשית ולוח התצוגה אינם מגובים.



ציור 12.12: גיבוי מערכת המחשב

פתרון הגיבוי המלא הוא היקר ביותר מכיון שהוא מחייב העמדת שתי מערכות מחשב כמעט זהות ותוספת אביזרים מיוחדים ותוכנה לקישור ביניהן. המעבר ממערכת אחת לשניה אינו אוטומטי תמיד ושקוף למשתמש, והוא מותנה במחיר שכדאי ומוכנים לשלם בעבורו. ברוב המערכות המעבר אינו אוטומטי ושקוף וכאשר הוא מתבצע מושבתת פעולת המערכת למשך דקות אחדות. במערכות הפועלות בזמן אמיתי הדרישה היא למעבר ללא הפסקת פעילות או בהפסקה של שניות אחדות בלבד. הפעלת מחשב הגיבוי כוללת את השלבים הבאים:

א. טעינה של מערכת ההפעלה והתוכניות מהדיסק לזכרון (IPL).

ב. מתן הוראת מפעיל לציון הדיסק הראשי ולציון דיסק הגיבוי.

ג. הזרמת הקלט שהתקבל ברשת הגיבוי באמצעות מסופי מרכז הבקרה ועדכון

קבצי המערכת באמצעות קלט זה.

ד. הודעה למפעילי המסופים על החזרת המחשב לפעילות תקינה.

ה. הפעלה שוטפת של המערכת.

תקלה בציוד ההיקפי

הציוד ההיקפי של מערכת המחשב במדמ"ם מורכב מהיחידות הבאות: כונן דיסקים, עמדת מפעיל, מדפסת ראשית ויחידת בקרה לתצוגה.

המדפסת הראשית ויחידת הבקרה לתצוגה אינן יחידות קריטיות. מטרת המדפסת היא לספק עותק מודפס וכאשר היא מתקלקלת אין מתקבלת הדפסה במרכז. כאשר יחידת הבקרה לתצוגה מתקלקלת מוקצה אחד ממסופי הפלט כיחידת פלט לתצוגה. ההודעות מודפסות במדפסת המסוף ומוצגות באמצעות לוחות ידניים.

לעמדת המפעיל אין תפקיד מוגדר בעת העבודה הרגילה של המערכת. המפעיל משתמש בעמדה זו כדי לטעון את המחשב לתחילת הפעלה ולאחר תקלה. הוא מקבל הודעות ממערכת הפעלה על כל קלקול במערכת ובמיוחד כאשר עמדת הפיקוח מתקלקלת. עם קבלת הודעה זו עליו להקצות מצג חדש כעמדת פיקוח. עמדת המפעיל אינה ניתנת לגיבוי ואם היא מתקלקלת דוקא בזמן שהיא נחוצה, גורם הדבר לשיתוק המערכת.

המרכיב הרגיש ביותר במערכת הוא כונן הדיסקים ולכן הוחלט לגבות אותו גיבוי מלא. כלומר, במערכת ישנם שני כוננים כאשר כל כונן מכיל דיסק אחד. רישום הנתונים נעשה במקביל על שני הדיסקים שהינם העתק האחד של השני. אחת היחידות מסומנת כיחידה ראשית וממנה מתבצעת הקריאה. כאשר יחידה זו מושבתת מתבצעת הקריאה מהיחידה השניה שהופכת ליחידה הראשית. כאשר היחידה המקולקלת מוחזרת לעבודה מופעלת מעמדת פיקוח שאילתה שמבקשת העתקה של הדיסק התקין אל הדיסק שהוחזר לפעילות. עם גמר ההעתקה מסומן הדיסק החדש כיחידה משנית ומתבצעת אליו כתיבה לצורך גיבוי כמו בעבודה רגילה.

תקלה במסוף

תקלה במסוף אינה צריכה לגרום שיבושים בפעולת המערכת. במדמ"ם מאבחן המחשב תקלה בתקשורת כאשר מסוף אינו עונה לנסיונות ההתקשרות, כאשר מסוף אינו מאשר קבלה של פלט, או כאשר מסוף מודיע על תקלה כלשהי.

במקרה הראשון אין המחשב יכול להבחין אם התקלה היא בקו, במודם של המסוף או במסוף עצמו ויש צורך בעזרת מפעיל המסוף לאיתור התקלה. בכל מקרה של תקלה מנסה המחשב לחזור על פעולת ההתקשרות מספר פעמים (כפי שנקבע). אם אין מצליחים להתגבר על התקלה בשיטה זו מודיע המחשב לעמדת הפיקוח על התקלה והמסוף נרשם במחשב כ"בלתי פעיל". פירוש מצב זה הוא

שלא יתבצעו נסיונות התקשרות נוספים למסוף אלא אם עמדת הפיקוח תורה על פתיחת המסוף מחדש.

כאשר מסוף מתקלקל, אפשר להחליפו במסוף תקין. אם אין עושים זאת, על עמדת הפיקוח להורות באמצעות שאילתה על המסוף שממלא את מקומו. כלומר, ניתן להצמיד את בעל התפקיד שהמסוף שלו התקלקל למסוף של בעל תפקיד אחר. בעל התפקיד המגבה יקבל על מסופו את ההודעות המיועדות למסוף המקולקל. לדוגמה, כאשר מדפסת של מסוף מסויים מתקלקלת, ניתן לאחר הוראה של עמדת פיקוח לקבל את ההדפסה במדפסת של מסוף אחר. בעמדות הדיווח ישנם מספר מסופים אשר מאפשרים גיבוי זה לזה.

בפרק הזמן שעובר עד להקצאת המסוף המגבה, מצטברות הודעות בתור הפלט של המסוף שהתקלקל. לאחר הוראת מפעיל עמדת הפיקוח בדבר המסוף המגבה יבוצע הפלט שהצטבר בתור. במערכת מדמ״ם הוחלט לא לצבור תור הדפסה.

תקלה בציוד התקשורת

מרכיבי ציוד התקשורת הם: קו ומודם. קביעת מקור התקלה על־ידי תוכנית המחשב היא קשה ולעיתים בלתי אפשרית.

כאשר מתקלקל המודם שבצד המחשב, ניתן לאתר את התקלה כי המודם אינו מגיב על בקשת המחשב לשדר. תקלה בקו ניתן לגלות כאשר התקלה גורמת לאחוז גבוה של שגיאות שידור ולשידורים חוזרים רבים. ניתן גם לגלות שאחד מהמרכיבים, קו או מודם, מקולקלים כאשר כל המסופים שנמצאים על קו מסויים הופכים לבלתי פעילים. בכל המקרים מנסים לחזור על הפעולה מספר פעמים כדי לבדוק אם התקלה קבועה או מקרית וחולפת.

כאשר התקלה בקו גורמת לקליטה משובשת, ניתן להתגבר על כך על־ידי שינוי קצב השידור מ־2400 ס״ש ל־1200 ס״ש. שינוי זה דורש תאום בין שני קצות הקו. כאשר התקלה בקו היא נתק, יש צורך בהפעלת קו אלטרנטיבי. לכל אחד מהקוים הקריטיים במדמ״ם תוכנן קו אלטרנטיבי שהפעלתו נעשית באמצעות מפסק במרכז הבקרה.

מפעיל המסוף יכול לעזור באבחון מקור התקלה בשרשרת מסוף, מודם, קו. בדיקת המודם יכולה להעשות על־ידי העברתו למצב של ביצוע בדיקה עצמית בהתאם לאחת או יותר מהאפשרויות. בדיקת המודם והקו גם יחד יכולה להעשות על־ידי שידור תבנית בדיקה כאשר הקו בצד המודם המרוחק מצוי במצב של חוג סגור בין קו הקליטה והשידור. ניתן לבדוק את הקשר בין שני המודמים והקו על־ידי שידור תבנית ובדיקה של התבנית שמתקבלת במודם שבצד השני. כל הבדיקות קיימות במודם באופן סטנדרטי, והפעלתן דורשת תאום טלפוני במשך כל זמן הבדיקה בין המפעילים בשני הקצוות.

תקלה ביחידת הבקרה למסופים

במערכת ממדמ"ם מותקנים מסופים עצמאיים אשר בכל אחד מהם מותקנת יחידת בקרה נפרדת. במערכת שמותקנים בה מסופים ויחידת בקרה במקבץ, יחידת הבקרה שייכת לתחום המודם וגם לתחום המסופים. תקלה בה עלולה להשבית את כל המסופים הקשורים אליה, ואז אפשר להעבירם ליחידת בקרה המשמשת לגיבוי. תקלה באחד המסופים או באביזר שלו ביחידת הבקרה אינם משביתים את שאר המסופים.

יישום המערכת

מערכת עיבוד בתקשורת הינה צירוף של יחידות חומרה, תוכנה, אנשים, נוהלים ונתונים המשולבים יחדיו כדי למלא מטרה שהוגדרה בעת בנייתה. שילוב זה מציג בפני המתכנן, המפתח והמפעיל את המערכת אתגרים רבים שעל כמה מהם נעמוד בהמשך.

תהליך ההקמה

פרויקט הקמה של מערכת עיבוד בתקשורת כולל את השלבים הבאים:

א. אפיון פונקציונלי. האפיון כולל את ההגדרות המבצעיות והתפעוליות של המערכת. יש לכלול בו את התחזית למשך חיי המערכת והגידול הצפוי בפעילות באותה תקופה.

ב. תוכנית יישום. הגדרת לוחות זמנים ופעילויות הנדרשות על ידי מזמין המערכת – הצרכן.

ג. ניתוח ההצדקה של ההשקעה במערכת לעומת התועלת שבהפעלתה.

ד. מפרטי המערכת הנוספים לאפיון הפונקציונלי. מפרטים אלו נדרשים לשם פנייה לספקי חומרה ותוכנה ולשם הערכת ההצעות והאפשרויות השונות. הם כוללים בין השאר: הגדרת מבחני קבלה, התקנה, אחזקת חומרה ותוכנה, תנאי סביבה לחומרה, הדרכה, ספרות, פרטים חוזיים (תנאי תשלום, אחריות) ועוד.

ה. קבלת הצעות והערכתן.

ו. אישור ההנהלה.

ז. אפיון טכני סופי שיהיה הבסיס לתכנון המערכת על ידי יחידת עיבוד נתונים של המשתמש או על ידי קבלן. האפיון כולל גם את הגדרת מבחני הקבלה למערכת.

ח. בחירת צוותים והדרכה. המצב שונה כאשר העבודה מבוצעת על ידי יחידת עיבוד־הנתונים של הארגון או באמצעות קבלן.

ט. תכנון ותכנות.

י. הזמנת החומרה והתוכנה הסטנדרטית.
יא. הכנת האתרים להתקנות.
יב. הזמנת קוי דואר.
יג. התקנה ובדיקות קבלה.
יד. הרצה מקבילה של המערכת החדשה והישנה.
טו. מעבר למערכת החדשה.

במהלך הפיתוח של המערכת ישנם ארבע נקודות זמן שבכל אחת מהן יש לבצע הערכת ביצועים: שלב התכנון הראשוני, שלב התכנון, שלב היישום ושלב הבדיקות. הערכת הביצועים דרושה לשם בחירת האפשרות הטובה מבין האפשרויות הקיימות, ובדיקת ההתאמה של הבחירה לאפיון ולדרישות המערכת. לפיכך נעשית פעולה זו בשיתוף של מזמין המערכת ועליו לאשר את המשך הפיתוח בהתאם לשיטת ואופן היישום שנבחרו. בטבלה שבציור 12.13 ניתן פירוט של הפעילויות בשלבי הקמת המערכת.

השלב	תפקיד השלב	הערכת ביצועים
תכנון ראשוני	הגדרת הדרישות	בדיקת אפשרות מימוש הפתרון והתצורות השונות שמהן ניתן לבנות את המערכת
תכנון	הגדרת מבנה המערכת ושיטת פעולתה	הערכת ביצועים לפי התכנון ויכולת מימוש של התכנון
יישום	בניית מערכת התוכנה והחומרה	הגדרת בעיות שהתעוררו, השוואת היישום עם הדרישות
בדיקת המערכת	בדיקת התאמת המערכת לדרישות	בדיקת ביצועי המערכת, ביצוע כיול וכיוונון של המערכת

ציור *12.13: שלבי הפיתוח של הפרוייקט*

מעקב יישום

אחת הבעיות הקיימות בפיתוח מערכת תקשורת היא אי ההתאמה בין ההערכות והתחזיות של פעולת המערכת לבין היישום בפועל. קיימות לכך שלוש סיבות עיקריות:

א. **הערכת נתוני ההפעלה של המערכת אינה נכונה.** נתוני ההפעלה כוללים את מספר התנועות שיתקבלו במערכת, מופע התנועות, דרישות צבירה, עומסי שיא, סוגי וכמות השאילתות ועוד. נתונים אלו מתבססים על נתוני המצב הקיים ועל

התחזית של התנהגות משתמשי המערכת. בדרך כלל יש גורם נוסף המשפיע על נתוני ההפעלה והוא הנטיה של מפעילי מסופים לבצע פעולות נוספות שניתן למנוע או לצמצם. פעולות אלו מוסיפות על העומס ועלולות לפגוע בביצועים. נתוני ההפעלה משמשים לתכנון המערכת וכאשר הם אינם נכונים יכולה להיות לכך השלכה על ביצועיה ועל אפשרות הפעלתה.

ב. **הגדרה לא מדוייקת או לא שלימה של תפקידי המערכת.** הגדרת המערכת חייבת להיות מראש ולהיות שלימה. יש לעיתים נטיה להשלים הגדרת תפקידים ופעילויות בשלב התכנון ולעיתים בשלבים מאוחרים של ביצוע. כאשר נוהגים כך עלולים לעמוד בפני הצורך לערוך שינויים גדולים בתצורות המערכת ובתכנון היישום. מחיר השינויים הללו עלול להיות כבד.

ג. **תכנון לקוי הנובע מאי הערכת ביצועים.** לתכנון לקוי יכולות להיות השלכות על תכנון המערכת, תצורה, מערך התוכנה ועוד. הזנחה של גורמים עלולה גם כן לתרום לתכנון לקוי.

במדמ"ם הוגדרו תפקידי המערכת בצורה מפורטת בשלב התכנון הראשוני. הערכת הביצועים נעשתה באופן אנליטי ובסימולציה והוגדרה כמות התעבורה לשעת שיא. המערכת נבנתה לעומס גבוה יותר בהתאם לתחזית הדרישות.

מדד זמן התגובה

יעילות מערכת תקשורת כמו מדמ"ם נמדדת בדרך כלל במהירות התגובה שלה. תגובה מהירה חשובה למפעיל המסוף משתי סיבות. האחת פסיכולוגית, כלומר מידת הריכוז של המפעיל ויעילותו גדלים ככל שקטן פרק הזמן בין הכנסת הקלט שלו לקבלת תשובת המחשב. סיבה שניה היא מבצעית, כלומר אפשרות להזין דיווחים רבים ברגעי שיא של המערכת.

אמת המידה העיקרית לבדיקת ביצועי מדמ"ם בעת התכנון היתה זמן התגובה. בעת התכנון ועל־ידי סימולציה נמצא שגורמי זמן התגובה העיקריים הם זמני ההמתנה והגישה לדיסק וזמני השידור בקוים.

העומס על הדיסק נגרם בעת טיפול בתנועות הקלט כתוצאה מטעינת תוכניות וחיפוש וכתיבה בקבצי הנתונים. על פי סימולציה נקבע המספר המקסימלי של גישות לדיסק המותר עבור כל תנועת קלט. גודל הזכרון לתוכניות, לתורים ולמאגרים נקבע במגמה להקטין את הצורך בפניות לדיסק בהתאם לערך המקסימלי המותר.

מספר המאגרים לתקשורת נקבע לפי מספר הקוים במערכת. מספר הקוים ואופן פרישתם נקבעו לפי נתון זמן התגובה במסוף ומשיקולי גיבוי. שיקולי הגיבוי ואמינות המערכת השפיעו על כל אחד משלבי התכנון, בגלל המשקל הרב של נושא זה במערכת מקוונת המיועדת לשירות רצוף.

בשלב היישום התבטאה הערכת הביצועים בבדיקות שנערכו לכל אחת מהתוכניות בנפרד, ולבסוף – לכל התוכניות של המערכת.

בדיקת המערכת והפעלה מבצעית

הבאת מערכת למצב של תפעול מבצעי (Operational) או למצב ייצור (Production) מחייבת תהליך בדיקה וניסוי. כשלון מערכת אשר הוכרזה כמבצעית יכול לגרום לאובדן אימון המשתמשים ולהגברת היסוסיהם לעבור לעבודה במיכון או לנוהלי עבודה בתקשורת. רמה גבוהה של הקפדה וזהירות דרושה בניסויים ראשונים של מערכת עיבוד בתקשורת בשיתוף המשתמשים מכיון שהיא חשופה לבקורתם יותר מאשר מערכת אצווה.

הקושי בבדיקת מערכת תקשורת

בדיקת מערכת הפועלת בתקשורת או בזמן ממשי הינה משימה קשה למדי. הסיבה לכך היא שהקלט והפלט אינם נוצרים ומופקים במקום אחד כמו במערכת עיבוד נתונים באצווה, אלא במסופים רבים המרוחקים זה מזה ומיחידת המחשב. מספר הגורמים המעורבים בתהליך הקלט והפלט הוא רב: קוים, מודמים, ציוד תקשורת ומסופים, וכל אחד מהם עלול להוסיף שגיאות ותקלות למערכת. במערכת כזו ישנו לעיתים ציוד מיוחד שבדיקתו קשה ואינה סטנדרטית, דוגמת לוח התצוגה במדמ"ם.

במחשב קיימת פעילות של מספר תוכניות במקביל ובו־זמנית בהתאם למופע האקראי של הקלט. קשה לצפות את כל צירופי המקרים האפשריים וקשה לבדוק את כולם. בגלל הפעילות המקבילה של תוכניות נוצרים קשרים מסובכים בין התוכניות, וקשה לעקוב אחרי קשרים אלה במהלך הבדיקה.

הדרישות לאמינות גבוהה של מערכת תקשורת חמורות יותר מאשר במערכת עיבוד באצווה. הדבר מחייב ביצוע מירב הבדיקות האפשריות, כשם שנעשה במערכת אצווה אך בנוסף נדרשת תשומת לב לבדיקות עמידת המערכת בפני השבתה או פגיעה בשוגג או במזיד. כל הפרעה לפעולה התקינה אשר עלולה להגרם על ידי משתמש כלשהו פוגעת לא רק בו אלא במספר רב של משתמשים שיש להגן עליהם מפני פגיעה זו.

שלבי הבדיקות

בשלב ראשון נעשית בדיקה של כל תוכנית בנפרד. קשה לבדוק כל תוכנית עם קלט אמיתי ממסופים ולכן יש צורך ביצירת נתוני ניסוי מדומים שמוזנים מסרט מגנטי, מכרטיסים, מתקליטון, מדיסק או שהם קיימים בתוכנית עצמה. בדיקה כזו אינה בדיקה בתנאי זמן ממשי, אבל היא מאפשרת בדיקת המהלך הלוגי של התוכנית.

אחד הכלים לבדיקת תוכנית היא הסימולציה. בעזרת סימולציה ניתן לדמות פעולתן של תוכניות אחרות שקשורות לתוכנית הנבדקת ושעדיין אינן מוכנות. סימולציה מאפשרת גם בדיקת התוכניות במצב של עומס יתר שקשה ליצור

אותו באמצעי הקלט הרגילים של המערכת.

לאחר בדיקת כל תוכנית יש לבצע קישור של מספר תוכניות שמהוות מודול בעל מטלה מוגדרת. דוגמה למודול כזה הן תוכניות הקלט מעמדת מדיווחים במדמ"ם. בדיקתו תאשר שתהליך הקליטה מעמדת מדיווחים פועל באופן לוגי. אין עדיין אפשרות של בדיקת ביצועים של תהליך זה או בדיקת ההפרעות שיכולות להגרם לתהליך כתוצאה מחיבור לתוכניות האחרות. השלב הבא הוא קישור של המודולים למערכת אחת. בציור 12.14 מתואר תהליך השילוב של תוכניות התקשורת במדמ"ם.

שלב	מטרה
א. הפעלת מצג קלט אחד ומצג פלט אחד	1. בדיקת הלוגיקה של הקליטה ממצג, וההעלאה לדיסק ההתקשרות לעיבוד והפלט 2. בדיקת פעולת רוב תוכניות התקשורת כאשר כל הפעילות היא טורית.
ב הפעלת מספר מצגי קלט על **קו אחד** על־ידי הכנסת הודעת הפעלה מעמדת הפיקוח.	1. בדיקת הלוגיקה של הפעלה מעמדת הפיקוח. 2. הפעלת התוכניות עם מספר מצגים כאשר הקלט הוא טורי.
ג. הפעלת מספר קוים עם מצגים	בדיקת הפעילות המקבילית של תוכנית התקשורת
ד. הוספת קוי מחשבים מרוחקים	בדיקת ההתקשרות למחשבים המרוחקים.
ה. אינטגרציה עם כל תוכניות העיבוד	בדיקת ההתקשרות של כל המערכת.
ו. הוספת תוכנית לוח תצוגה	בדיקת ההשתלבות של הפלט ללוח התצוגה
ז. בדיקה בתנאים של תקלות מכוונות	בדיקת התגברות המערכת על תקלות

ציור *12.14: השילוב של תוכניות התקשורת של מדמ"ם*

תא ניסוי

במערכות תקשורת מקובל לבצע את בדיקת המערכת בתא־ניסוי. תא־הניסוי הוא אתר סמוך לחדר המחשב שבו מוקמת מערכת ייצוגית המאפשרת בדיקה של שילוב תוכניות והפעלה מבוקרת.

בתא הניסוי ניתן ליצור קלט ופלט מבוקרים, ליצור עומסים משתנים, "ליצור" תקלות בחלקים שונים של המערכת ובתוך כך – לעקוב אחר אופן הפעולה. הדרך הפשוטה ביותר למעקב הינה תצפית והדפסה או רישום בדיסק של האירועים, הקלט והפלט, מצב התורים ונתונים אחרים משמעותיים במהלך ביצוע התוכנית. הבדיקה תהיה משמעותית יותר וברת תועלת ככל שנתוני הניסוי יכללו את רוב צירופי המקרים של הקלט כפי שהוגדרו באפיון המערכת.

לאחר גמר הבדיקות הראשונות על־ידי המתכנתים בתא הניסוי יש להדריך מפעילים ולתת להם אפשרות להשתמש במערכת. המפעילים יזינו קלט כפי שיעשו בעבודתם השוטפת ובודאי יעשו שגיאות ויגרמו לתקלות כפי שעלול לקרות במציאות. על ידי כך תנתן אפשרות לבדוק מסלולי תוכנית נוספים אשר לא נבדקו בשלב קודם.

הפעלה הדרגתית

לאחר סיום הבדיקות בתא הניסוי מחברים למערכת באופן הדרגתי אתרים שונים: עמדת הפיקות, עמדות דיווח ועמדות פלט ובודקים את השילוב שלהן במערך. במשך תקופה מסוימת יש לראות את המערכת כולה כתא ניסוי עד שניתן אישור להפעלה מבצעית.

הפעלה מבצעית פרושה שהמערכת שנבנתה עונה על הדרישות ומספקת את דרישות המשתמשים. אך האמנם כך יהיה תמיד?

התשובה היא שלילית. מערכת פועלת הינה שלב בחיי המערכת, שלאחריו נערכת בדיקה מחדש, תכנון עדכונים ושינויים, תכנות, שילוב התיקונים במערכת הפועלת, ניסוי והפעלה וחוזר חלילה. זהו **מחזור החיים של המערכת.**

ביבליוגרפיה

הרשימה הביבליוגרפית כוללת מגוון של ספרים, חוברות, תקופונים ומאמרים בנושאים שנדונו בספר זה.

בנוסף לרשימה זו קיימת ספרות עניפה בתחומים שונים של תקשורת נתונים ומערכות עיבוד רחק, רשתות מחשבים, עיבוד נתונים מבוזר, תוכנת בקרה ותוכנה לניהול תקשורת, בטחון נתונים ועוד. ספרות רבה מתפרסמת על ידי יצרני מחשבים וציוד תקשורת ומסופים, מפתחי תוכנה לתקשורת וספקי שירותי תקשורת.

1. מידעון – כתב עת למידע בעיבוד נתונים אוטומטי. עיבוד נתונים מבוזר – לקט מאמרים חוברת 8–9, אפריל–יוני 1981, בהוצאת המכון לפריון העבודה והייצור ואיגוד מנתחי מערכות לענ"א בישראל.
2. האלקטרוניקה בישראל (כתב עת), ס.ג.מ. רמת־גן
3. מחשבים (כתב עת), מירב בע"מ, ראשון־לציון.
4. מעשה חושב (כתב עת), איל"א, ירושלים.
5. יובל שלמה, עבריינות במחשבים, תל־אביב, 1977.

6. Abramson, Norman, Kuo, Franklin F. *Computer Communication Networks* New-Jersey, Prentice-Hall, 1973
7. A.B.A. *Result of the 1979 Bank Telecommunications Surveys* Washington, American Bankers Association, 1979
8. Bingham *Planning for Data Communication* J. Wiley, 1977
9. Booth *Digital Networks and Computer Systems* J. Wiley 1978
10. Booth, Grayce M. *The Distributed System Environment*, McGraw-Hill, 1981.
11. Cypser R.J., *Communications Architecture for Distributed Systems*, Addision-Wesley, 1978

12. Davies, D.W. , Barber, D.L. *Computer Networks and their Protocols* Chichester, J. Wiley, 1979
13. Davies D. W., Barber D.L. *Communication Network for Computers* J. Wiley
14. Doll, Dr. D. *Doll on the Evolution of SNA;* Datamation 26, No. 3, 135–138 (March 1980).
15. Dool, Duxon R. *Data Communications* New York, J. Wiley, 1978
16. Lientg, Bennet P. *Distributed Systems* Addison-Welsey, 1981
17. Martin, James
    Books about Teleprocessing
    a. *Introduction to Teleprocessing.*
    b. *Systems Analysis for Data Transmission.*
    c. *Teleprocessing Network Organization*
    Books about design and Programming
    a. *Design of Real-Time Computer Systems.*
    b. *Programming Real-Time Computer Systems.*
    c. *Design of Man-Computer Dialogue.*
    d. *Privacy and Security in Data Processing.*
    e. *Security, Accuracy and Privacy in Computer Systems.*
    Books about Telecommunications
    a. *Telecommunications and the Computer.*
    b. *Future Developments in Telecommunications.*
    Prentice Hall, New-Jersey.
18. McNamara John E. *Technical Aspects of Data Communications* Digital press, 1977
19. Murphy, Donald E., *Introduction to Data Communication* International Communications Corporation, 1974
20. Roberts, L., Wessler, B. D., *Computer Network Development to achieve resource sharing* Washington, Advanced Research Project Agency, 1970
21. Sippl, Charles J. *Data Communications Dictionary* New-York, Van Nostrand Reinhold, 1976
22. Smith, Emerson C. *Glossary of Communications* Chicago, Telephony, 1971
23. Uhlig, R.
    a. *The Office of the Future*
    b. *Communications and Computers*
    Amsterdam, North-Holland, 1979

24. Watson, *Time Sharing System Design Concept* McGraw-Hill, 1970
25. Vahle, ML and Tolendino LF, *Overview of a Microcomputer Network,* NTIS SAND-80-0821
26. –, *Auerbach Information Managemat Series* Index items: *Communications, Computer Security, Data Communications, Networks, Security.* Auerbach Publishers inc.
27. –, *Auerbach Data Communication* (books), Auerbach publishers inc.
28. –, *Computer World*(weekly newspaper), CW Communications Inc.
29. –, *DATAMATION* (periodical), Datamation, Illinois, USA.
30. –, *Datapro Reports on Data Communications,* Datapro Research.
31. –, DEC Manuals
    a. *Introducing Data Communications*
    b. *Introduction to DECnet, AA-Jo55A-TK*
    c. *Terminal and Communications Hordware Handbook, EB-15486-20*
    d. *The DIGITAL Network Architecture (DNA) General Description, AA-H202B-TK*
32. –, IBM Systems Journal
    a. *Human Factors vol 20, No. 1, 1981*
    b. *Systems Network Architecture* (SNA) *vol 15, No 1, 1976.*
    c. *Telecommunications* vol 18, no. 2, 1979.
    d. *Lewis, L.J., Service Level: A Concept for the user and Computer Center.* Vol 15, no 4, 1976
    e. Lorin H. *Distributed Processing: An Assessment.* Vol 15, No. 2, 1979
    f. *Weingarten, R.A. An Integrated Approach to Centralized Communications Network Management.* Vol 15, No. 2, 1979
33. –, IBM Systems Reference Library
    a. *Systems Network Architecture (SNA), General Information.* No. GA27-3102.
    b. *IBM SDLC, General Information.* NO. GA27-3093.
    c. *ACF/VTAM, General Information.* No.GC27-0462.
    d. *ACF/NCP/VS, General Information.* No. GC34-2010.
    f. An Introduction to the IBM 3270 Information Display System GA27-2739.
34. –, *ISO – International Standards Organigation Open Systems Interconnection – Basic Reference Model,* 1980
35. –, *MICRODATA – The Communications Handbook* Microdata, California, 1974
36. –, *Telecommunications* (periodical), Harigon House Microwave Inc.



גישת המיחשוב האישי – המנהל משוחח ישירות באמצעות צג עם המחשב

מילון מונחים

מילון המונחים הקצר מגיש לקורא את המונחים העיקריים שהוא נזקק לו בעבודתו בנושא שבו דן הספר. הקבלת המונחים באנגלית ובעברית תסייע בעת עיון בספרות העזר העניפה שרובה נכתבה אנגלית.

המילון מבוסס על מילון המונחים של איל״א משנת 1975 ועל התקנים והצעות התקנים של הגדרות המונחים אשר הוכנו על ידי ועדות התקינה של מכון התקנים והאקדמיה ללשון העברית. תודתנו על הסיוע ועל הרשות להשתמש בחומר.

תודתנו לחברת יבמ אשר באדיבותה נערך המילון בעזרת תוכנת עיצוב מסמכים (תע״מ) והודפס במדפסת הלייזר 3800.

ACCESS TIME	משך גישה
ACCESS METHOD	שיטת גישה (לנתונים)
ACKNOWLEDGE CHARACTER (ACK)	תו אישור
NEGATIVE ACKNOWLEDGE CHARACTER (NAK)	תו אי-אישור
ADAPTER	מתאם
ADAPTIVE EQUALIZER	משווה מסתגל
ADDRESSING, SELECTING	הזמנה לקליטה, מעינה
ALONE	
STAND ALONE (TERMINAL)	(מסוף) עצמאי
ALPHANUMERIC DATA	נתונים אלפא-נומריים
AMERICAN STANDARD CODE FOR INFORMATION INTERCHANGE (ASCII)	קוד אמריקאי סטנדרטי להחלפת מידע (קוד תוים)
AMPLIFIER	מגבר
AMPLITUDE EQUALIZER	מגבר תיקון משרעת
AMPLITUDE MODULATION (AM)	אפנון משרעת
PULSE AMPLITUDE MODULATION (PAM)	אפנון משרעת הדופק
ANALOG SIGNAL	אות אנלוגי
ANSWER	מענה
APPLICATION PROGRAM	תוכנית יישום
ASYNCHRONOUS TRANSMISSION	תמסורת אסינכרונית
ATTENUATION	הנחתה (של האות המשודר)
ATTENUATION DISTORTION	עיוותי הנחתה
AUTOMATIC CALLING UNIT	אבזר לחיוג אוטומטי
BACK-UP	החעד (גיבוי)
HALF SPEED BACK-UP	גיבוי חצי מהירות (הורדת קצב שידור)
BACKSPACE CHARACTER (BS)	תו נסיגה
BACKWARD CHANNEL	אפיק מענה
BANDWIDTH	רוחב סרט, רוחב פס
BATCH	אצווה
BATCH PROCESSING	עיבוד באצווה
BAUD	באוד
BAUDOT CODE	קוד באודו
BINARY	בינרי
EXTENDED BINARY CODED DECIMAL INTERCHANGE CODE (EBCDIC)	סימון עשרוני בקוד בינרי מורחב (קוד תוים)
BINARY SYNCHRONOUS COMMUNICATION (BSC)	תקשורת סינכרונית בקוד בינרי
BINARY-CODED DECIMAL NOTATION (BCD)	סימון עשרוני בקוד בינרי
BIT	סיבית
BITS PER SECOND (BPS)	סיביות לשניה (ס״ש)
BLANK	תו רווח
BLANK FORM	טופס ריק
BLOCK	גוש
END OF TRANSMISSION BLOCK CHARACTER (ETB)	תו סוף שידור גוש נתונים
BLOCK LENGTH	אורך גוש
BLOCK CHECK	(נוהל) בדיקת גושים
BLOCK CHECK CHARACTER (BCC)	תו ביקורת גוש נתונים
BRANCH	קטע
BROADBAND	(אפיק) רחב-סרט
BUFFER	מאגר (זכרון)
BURST TRANSMISSION	תמסורת צרורות
CALLING	פניה
AUTOMATIC CALLING UNIT	אבזר לחיוג אוטומטי
CANCEL CHARACTER (CAN)	תו ביטול
CAPACITY	קיבול
CARRIAGE RETURN CHARACTER (CR)	תו חזרת גרר
CARRIER	גל נושא
DATA CARRIER DETECTOR (DCD)	זיהוי גל-נושא
CATHODE RAY TUBE (CRT)	שפופרת קרן קתודית (מרקע)
CHANNEL	אפיק
FORWARD CHANNEL	אפיק הלוך,אפיק הנתונים,אפיק יעודי
BACKWARD CHANNEL	אפיק מענה
COMMUNICATION CHANNEL	אפיק תקשורת
INPUT-OUTPUT CHANNEL	ערוץ קלט-פלט (של המחשב)
CHANNELIZATION	ריבוי אפיקים (במודם)
CHARACTER	תו
CHARACTER SET	מערכת תוים
TRANSMISSION CONTROL CHARACTER	תו בקרת שידור

START OF HEADING CHARACTER (SOH)	תו תחילת כותרת (ת"כ)
START OF TEXT CHARACTER (STX)	תו תחילת גוף הודעה (תג"ה)
END OF TEXT CHARACTER (ETX)	תו סוף גוף הודעה (סג"ה)
END OF TRANSMISSION CHARACTER (EOT)	תו סוף שידור (ס"ש)
ENQUIRY CHARACTER (ENQ)	תו שאילתה
ACKNOWLEDGE CHARACTER (ACK)	תו אישור
NEGATIVE ACKNOWLEDGE CHARACTER (NAK)	תו אי-אישור
DATA LINK ESCAPE CHARACTER (DLE)	תו ביאור תוים
SYNCHRONOUS IDLE CHARACTER (SYN)	תו סרק סינכרוני
END OF TRANSMISSION BLOCK CHARACTER (ETB)	תו סוף שידור גוש נתונים
FORM FEED CHARACTER (FF)	תו דף חדש
BACKSPACE CHARACTER (BS)	תו נסיגה
CARRIAGE RETURN CHARACTER (CR)	תו חזרת גרר
LINE FEED CHARACTER (LF)	תו קידום שורה
NEW LINE CHARACTER (NL)	תו שורה חדשה
NULL CHARACTER (NUL)	תו ריק
CANCEL CHARACTER (CAN)	תו ביטול
DELETE CHARACTER (DEL)	תו מחיקה
CHECK CHARACTER	תו ביקורת
BLOCK CHECK CHARACTER (BCC)	תו ביקורת גוש נתונים
UNDERSCORE (CHARACTER)	(תו) קו תחתון
CHARACTER GENERATOR	מחולל תוים
CHECK	ביקורת
BLOCK CHECK	(נוהל) בדיקת גושים
CHECK CHARACTER	תו ביקורת
VERTICAL REDUNDANCY CHECK(VRC)	קוד ביקורת אנכית (של זוגיות סיביות בתו)
PARITY CHECK	ביקורת זוגיות (של סיביות)
LONGITUDINAL REDUNDANCY CHECK (LRC)	קוד ביקורת אורכית (של גוש נתונים)
CYCLIC REDUNDANCY CHECK (CRC)	קוד ביקורת מחזורית (של גוש נתונים)
BLOCK CHECK CHARACTER (BCC)	תו ביקורת גוש נתונים
ERROR CHECKING CODE	קוד ביקורת
CHECKPOINT	מבדק
CIPHER TEXT	תמליל מוצפן
CIRCUIT	מעגל
SEQUENTIAL CIRCUIT	מעגל סדרתי
CIRCUIT SWITCHING	מיתוג ישיר
VIRTUAL CIRCUIT	מעגל בפועל
DATA CIRCUIT	מעגל נתונים
CIRCUIT SWITCHED CONNECTION	חיבור במיתוג ישיר
LEASED CIRCUIT CONNECTION	חיבור מעגל פרטי
DATA CIRCUIT TERMINATING EQUIPMENT (DCE)	סיים מעגל נתונים (סמ"נ)
TAIL CIRCUIT	מעגל זנב
CLEAR	הוראה למחיקת המרקע (מקש)
CLEAR TO SEND (CTS)	אות "מוכן לשדר"
CLEAR TEXT	תמליל מובן
CLOCK PULSE	אות שעון, דופק שעון
CLOCK SIGNAL	אות שעון, אות קוצב-זמן
CLUSTER	מקבץ מסופים
CODE	קוד
ERROR CHECKING CODE	קוד ביקורת
BAUDOT CODE	קוד באודו
PULSE CODE MODULATION (PCM)	אפנון קוד הדופק
CODE-INDEPENDENT DATA COMMUNICATION	תקשורת שקופת-קוד
CODE-TRANSPARENT DATA COMMUNICATION	תקשורת שקופת סיביות
COMMUNICATION	תקשורת
DATA COMMUNICATION	תקשורת נתונים
ONE WAY COMMUNICATION	תקשורת חד-סטרית
CODE-INDEPENDENT DATA COMMUNICATION	תקשורת שקופת-קוד
CODE-TRANSPARENT DATA COMMUNICATION	תקשורת שקופת סיביות
BINARY SYNCHRONOUS COMMUNICATION (BSC)	תקשורת סינכרונית בקוד בינרי
COMMUNICATION CHANNEL	אפיק תקשורת
COMMUNICATION LINK	חוליית תקשורת
COMMUNICATION CONTROL UNIT	יחידת בקרה לתקשורת
COMPILER	מהדר
CONCENTRATOR	מרכזת, מאגד
DATA CONCENTRATOR	מאגד נתונים
CONCURRENT	בו-זמני
CONNECTION	חיבור
CIRCUIT SWITCHED CONNECTION	חיבור במיתוג ישיר

MULTI-POINT CONNECTION	חיבור רב-נקודתי
POINT-TO-POINT CONNECTION	חיבור נקודה לנקודה, נל"ן
LEASED CIRCUIT CONNECTION	חיבור מעגל פרטי
CONNECTOR	מחבר
CONTENTION	התנגשות
CONTROL	בקרה
TRANSMISSION CONTROL CHARACTER	תו בקרת שידור
ERROR CONTROL	(נוהל) בקרת שיבושים
CONTROL STATION	תחנה מנהלת
CONTROL PROGRAM	תוכנית בקרה
CONTROL SIGNAL	אות בקרה
CONTROL UNIT	יחידת בקרה
CONTROL WORD	מילת בקרה
SYNCHRONOUS DATA LINK CONTROL (SDLC)	בקרה סינכרונית (משטר-קו)
HIGH LEVEL DATA LINK CONTROL (HDLC)	בקרה ברמה גבוהה (משטר-קו)
LINE CONTROL	משטר קו
COMMUNICATION CONTROL UNIT	יחידת בקרה לתקשורת
TRANSMISSION CONTROL UNIT	יחידת בקרה לתמסורת
NETWORK CONTROL PROGRAM (NCP)	תוכנית בקרת רשת
CONVERSATIONAL REMOTE JOB ENTRY (CRJE)	שילוח עבודות רחק בהידברות
COUPLED	מחובר
PEER COUPLED	חיבור ברמה שווה (של שני מחשבים)
CROSS TALK	השראה
CRYPTOGRAPHY	הצפנה
CURSOR	סמן (במרקע)
CYCLE	מחזור, מעגל
SYSTEM LIFE CYCLE	מחזור-חיים של מערכת
CYCLIC REDUNDANCY CHECK (CRC)	קוד ביקורת מחזורית (של גוש נתונים)
CYLINDER	צלינדר (בדיסק)
DATA	נתונים
DATA BASE	בסיס נתונים
NUMERIC DATA	נתונים נומריים (מספריים)
DIGITAL DATA	נתונים ספרתיים
ALPHANUMERIC DATA	נתונים אלפא-נומריים
DATA COMMUNICATION	תקשורת נתונים
DATA TRANSMISSION	תמסורת נתונים
DATA SIGNALLING RATE	קצב סיביות
DATA TRANSMISSION LINE	קו תמסורת נתונים
DATA NETWORK	רשת נתונים
DATA CIRCUIT	מעגל נתונים
CODE-INDEPENDENT DATA COMMUNICATION	תקשורת שקופת-קוד
CODE-TRANSPARENT DATA COMMUNICATION	תקשורת שקופת סיביות
DATA SOURCE	מקור נתונים
DATA SINK	קולט נתונים
DATA TERMINAL EQUIPMENT (DTE)	מסוף (מסוף נתונים)
DATA CIRCUIT TERMINATING EQUIPMENT (DCE)	סיים מעגל נתונים (סמ"נ)
DATA MULTIPLEXER	רבב-נתונים
DATA CONCENTRATOR	מאגד נתונים
DATA STATION	תחנת נתונים
PUBLIC DATA NETWORK (PDN)	רשת נתונים ציבורית
DATA SWITCHING EQUIPMENT (DSE)	ציוד מיתוג נתונים
DISTRIBUTED DATA PROCESSING (DDP)	עיבוד נתונים מבוזר (ענ"מ)
DATA SET READY (DSR)	אות אישור של מודם פועל
DATA TERMINAL READY (DTR)	אות אישור של מסוף פועל
DATA CARRIER DETECTOR (DCD)	זיהוי גל-נושא
DATA COLLECTION	איסוף נתונים
DATA ENTRY	רישום נתונים
DATA LINK	חולית (תמסורת) נתונים
DATA LINK ESCAPE CHARACTER (DLE)	תו ביאור תוים
SYNCHRONOUS DATA LINK CONTROL (SDLC)	בקרה סינכרונית (משטר קו)
HIGH LEVEL DATA LINK CONTROL (HDLC)	בקרה ברמה גבוהה (משטר קו)
DECIMAL	עשרוני
BINARY-CODED DECIMAL NOTATION (BCD)	סימון עשרוני בקוד בינרי
EXTENDED BINARY CODED DECIMAL INTERCHANGE CODE (EBCDIC)	סימון עשרוני בקוד בינרי מורחב (קוד תוים)
DELAY	השהייה
PROPAGATION DELAY	השהיית התקדמות

ENVELOPE DELAY	השהיית מעטפת
PROPAGATION DELAY	השהיית התקדמות
ROTATIONAL DELAY	השהיית הסיבוב
DELETE	הוראה למחיקת תו במרקע (מקס)
DELETE CHARACTER (DEL)	תו מחיקה
DESIGN	תיכון
DEVICE	התקן
LOGIC DEVICE	התקן לוגי
DIAL-UP LINE	קו חיוג
DIFFERENTIAL PHASE SHIFT KEYING (DPSK)	אפנון מופע
DIGITAL DATA	נתונים ספרתיים
DISKETTE	תקליטון
DISPLAY UNIT	מצג (מסוף בעל מרקע ומקלדת)
DISTORTION	עיוות
ATTENUATION DISTORTION	עיוותי הנחתה
DISTRIBUTED DATA PROCESSING (DDP)	עיבוד נתונים מבוזר (ענ"מ)
DIVISION	חלוקה
TIME DIVISION MULTIPLEXING (TDM)	ריבוב חלוקת זמן
FREQUENCY DIVISION MULTIPLEXING (FDM)	ריבוב חלוקת תדירות
FREQUENCY DIVISION MULTIPLEXER (FDM)	רבב חלוקת תדירות
DUPLEX TRANSMISSION (FULL DUPLEX)	תמסורת דו-מגמית
HALF DUPLEX TRANSMISSION	תמסורת דו-מגמית למחצה
EMULATION PROGRAM	תוכנית חיקוי ותאום
END OF TEXT CHARACTER (ETX)	תו סוף גוף הודעה (סג"ה)
END OF TRANSMISSION CHARACTER (EOT)	תו סוף שידור (ס"ש)
END OF TRANSMISSION BLOCK CHARACTER (ETB)	תו סוף שידור גוש נתונים
ENQUIRY CHARACTER (ENQ)	תו שאילתה
ENTER	הוראה להזנת נתונים (מקס)
ENTRY	הזנה (של נתונים)
DATA ENTRY	רישום נתונים
REMOTE JOB ENTRY (RJE)	שילוח עבודות רחק (סע"ר)
CONVERSATIONAL REMOTE JOB ENTRY (CRJE)	שילוח עבודות רחק בהידברות
ENVELOPE DELAY	השהיית מעטפת
EQUALIZER	משווה
AMPLITUDE EQUALIZER	מגבר תיקון משרעת
PHASE EQUALIZER	משווה מופע
ADAPTIVE EQUALIZER	משווה מסתגל
EQUIPMENT	ציוד
DATA TERMINAL EQUIPMENT (DTE)	מסוף (מסוף נתונים)
DATA CIRCUIT TERMINATING EQUIPMENT (DCE)	סיים מעגל נתונים (סמ"נ)
DATA SWITCHING EQUIPMENT (DSE)	ציוד מיתוג נתונים
ERROR CONTROL	(נוהל) בקרת שיבושים
ERROR CHECKING CODE	קוד ביקורת
EXTENDED BINARY CODED DECIMAL INTERCHANGE CODE (EBCDIC)	סימון עשרוני בקוד בינרי מורחב (קוד תוים)
FAN-OUT	מניפה (חיבור רב-נקודתי במודם)
FEED	הזנה
FORM FEED CHARACTER (FF)	תו דף חדש
LINE FEED CHARACTER (LF)	תו קידום שורה
FIELD	שדה (נתונים)
FORM	טופס
FORM FEED CHARACTER (FF)	תו דף חדש
BLANK FORM	טופס ריק
FORWARD CHANNEL	אפיק הלוך,אפיק הנתונים,אפיק יעודי
FRAME	
TIME FRAME	תקופה, תקופת מחזור
FREQUENCY DIVISION MULTIPLEXING (FDM)	ריבוב חלוקת תדירות
FREQUENCY DIVISION MULTIPLEXER (FDM)	מרבב חלוקת תדירות
FREQUENCY SHIFT	היסט תדר
FREQUENCY SHIFT KEYING (FSK)	אפנון תדירות
FRONT END PROCESSOR	מחשב קדמי
FULL	
DUPLEX TRANSMISSION (FULL DUPLEX)	תמסורת דו-מגמית
GENERATE	ליצור
GENERATING PROGRAM	תוכנית מחוללת

SYSTEM GENERATION	יצירת מערכת
CHARACTER GENERATOR	מחולל תוים
GRADE	
SUBVOICE GRADE	(אפיקים) צרי-סרט
VOICE GRADE	(אפיקי) דיבור
HALF SPEED BACK-UP	גיבוי חצי מהירות (הורדת קצב שידור)
HALF-DUPLEX TRANSMISSION	תמסורת דו-מגמית למחצה
HARDWARE	חומרה
HEADING	כותרת
START OF HEADING CHARACTER (SOH)	תו תחילת כותרת (תת"כ)
HIGH LEVEL DATA LINK CONTROL (HDLC)	בקרה ברמה גבוהה (משטר-קו)
HOST SYSTEM	מערכת מארחת (מרכזית)
IDLE	סרק
SYNCHRONOUS IDLE CHARACTER (SYN)	תו סרק סינכרוני
IMAGE	תצוגה, תבנית
REVERSE IMAGE	תצוגה הופכית (נגטיב במרקע)
IMPULSE, PULSE	דופק
INFORMATION	מידע
AMERICAN STANDARD CODE FOR INFORMATION INTERCHANGE (ASCII)	קוד אמריקאי סטנדרטי להחלפת מידע (קוד תוים)
INITIAL PROGRAM LOAD (IPL)	טעינת מערכת הפעלה
INPUT-OUTPUT CHANNEL	ערוץ קלט-פלט (של המחשב)
INQUIRY	שאילתה
INSERT	הוראה להוספת תוים במרקע (בקש)
INTERACTIVE	הידברותי
INTERFACE	מישק
INTERROGATION	שאלה
INTERRUPT	פסק
JITTER	רעד
PHASE JITTER	רעידת מופע
JOB	עבודה
REMOTE JOB ENTRY (RJE)	שילוח עבודות רחק (שע"ר)
CONVERSATIONAL REMOTE JOB ENTRY (CRJE)	שילוח עבודות רחק בהידברות
JOURNALING	רישום
KEYBOARD	מקלדת
KEYING	
FREQUENCY SHIFT KEYING (FSK)	אפנון תדירות
DIFFERENTIAL PHASE SHIFT KEYING (DPSK)	אפנון מופע
LEASED CIRCUIT CONNECTION	חיבור מעגל פרטי
LEASED LINE	קו פרטי (חכור)
LIFE	חיים
SYSTEM LIFE CYCLE	מחזור-חיים של מערכת
LIGHT PEN	עט אור
LINE	קו, שורה
LINE FEED CHARACTER (LF)	תו קידום שורה
NEW LINE CHARACTER (NL)	תו שורה חדשה
DATA TRANSMISSION LINE	קו תמסורת נתונים
LINE SWITCHING	מיתוג קוים
LINE PROTOCOL	נוהל קו
LINE CONTROL	משטר קו
DIAL-UP LINE	קו חיוג
LEASED LINE	קו פרטי (חכור)
LINK	חוליה
DATA LINK ESCAPE CHARACTER (DLE)	תו ביאור תוים
DATA LINK	חולית (תמסורת) נתונים
LINK PROTOCOL	נוהל חוליה
COMMUNICATION LINK	חוליית תקשורת
SYNCHRONOUS DATA LINK CONTROL (SDLC)	בקרה סינכרונית (משטר-קו)
HIGH LEVEL DATA LINK CONTROL (HDLC)	בקרה ברמה גבוהה (משטר-קו)

LOAD	טעינה
INITIAL PROGRAM LOAD (IPL)	טעינת מערכת ההפעלה
LOCAL	מקומי (חיבור מקומי לערוץ קלט-פלט)
LOCK	נעילה (של המקלדת)
LOG	יומן תנועות, רישום
LOG-OFF,SIGN-OFF	פעולה להפסקת ההתקשרות (מסוף למחשב)
LOG-ON, SIGN-ON	פעולה להתחלת ההתקשרות (מסוף למחשב)
LOGIC DEVICE	התקן לוגי
LOGICAL UNIT	יחידה לוגית
LONGITUDINAL REDUNDANCY CHECK (LRC)	קוד ביקורת אורכית (של גוש נתונים)
MASTER STATION	תחנה מוסרת
MEDIA	מצע (לאחסנת נתונים)
MENU	תפריט (רשימת אפשרויות במרקע)
MESSAGE	מסר,תשדורת
MESSAGE SWITCHING	מיתוג מסרים, מיתוג תשדורות
MICRO-PROCESSOR	מיקרו-מעבד
MODEM (MODULATOR-DEMODULATOR)	מודם
MODULATION	אפנון
AMPLITUDE MODULATION (AM)	אפנון משרעת
PULSE AMPLITUDE MODULATION (PAM)	אפנון משרעת הדופק
PULSE DURATION MODULATION (PDM)	אפנון משך הדופק
PULSE CODE MODULATION (PCM)	אפנון קוד הדופק
PULSE POSITION MODULATION (PPM)	אפנון מיקום הדופק
MODULATOR-DEMODULATOR (MODEM)	מאפנן-מגלה (מודם)
MULTI-POINT CONNECTION	חיבור רב-נקודתי
MULTI-PROCESSOR	מחשב רב-מעבדים, מעבד מרובב
MULTI-PROGRAMMING	תכנות מרובב
MULTI-TASKING	ריבוי-משימות
MULTIPLEXER	רבב
DATA MULTIPLEXER	רבב-נתונים
FREQUENCY DIVISION MULTIPLEXER (FDM)	רבב חלוקת תדירות
MULTIPLEXING	ריבוב
TIME DIVISION MULTIPLEXING (TDM)	ריבוב חלוקת זמן
FREQUENCY DIVISION MULTIPLEXING (FDM)	ריבוב חלוקת תדירות
NEGATIVE ACKNOWLEDGE CHARACTER (NAK)	תו אי-אישור
NEGATIVE RESPONSE	תגובה שלילית (להזמנה לשידור)
NETWORK	רשת
DATA NETWORK	רשת נתונים
PUBLIC DATA NETWORK (PDN)	רשת נתונים ציבורית
PACKET SWITCHED NETWORK (PSN)	רשת מיתוג מנות
NETWORK CONTROL PROGRAM (NCP)	תוכנית בקרת רשת
NEW LINE CHARACTER (NL)	תו שורה חדשה
NODE	צומת (צמתים),ז.
NOISE	רעש
SIGNAL TO NOISE RATIO (S/N)	יחס אות לרעש
NON RETURN TO ZERO INVERTED (NRZI)	טכניקת שידור נתונים
NULL CHARACTER (NUL)	תו ריק
NUMERIC DATA	נתונים נומריים (מספריים)
OFF-LINE	מופרד
ON-LINE	מקוון
ON-LINE PROCESSING	עיבוד מקוון
ONE WAY COMMUNICATION	תקשורת חד-סטרית
OPERATING SYSTEM	מערכת הפעלה
OPERATION	פעולה, תפעול
SEQUENTIAL OPERATION	פעולה סדרתית
PARALLEL OPERATION	פעולה במקביל
PACKET	מנה
PACKET SWITCHING	מיתוג מנות
PACKET SEQUENCING	סידור (תור) מנות
PACKET SWITCHED NETWORK (PSN)	רשת מיתוג מנות
PARALLEL OPERATION	פעולה במקביל

PARALLEL TRANSMISSION	תמסורת במקביל
PARITY CHECK	ביקורת זוגיות (של סיביות)
PASSIVE STATION	תחנה ממתינה
PASSWORD	סיסמה
PATH, ROUTE	נתיב
PEER COUPLED	חיבור ברמה שווה (של שני מחשבים)
PHASE	מופע
PHASE EQUALIZER	משווה מופע
PHASE JITTER	רעידת מופע
DIFFERENTIAL PHASE SHIFT KEYING (DPSK)	אפנון מופע
PHYSICAL UNIT	יחידה פיסית
PHYSICAL PROTECTION	אבטחה פיסית
PLOTTER	תווין
POINT-TO-POINT CONNECTION	חיבור נקודה לנקודה, נל"ן
POLLING	הזמנה לשידור, חקירה, סריקה
PULSE POSITION MODULATION (PPM)	אפנון מיקום הדופק
POSITIVE RESPONSE	תגובה חיובית (להזמנה לשידור)
PRIMARY STATION	תחנה ראשונית
PROCEDURE	נוהל
RECOVERY PROCEDURE	תהליך שיקום
PROCESSING	עיבוד
DISTRIBUTED DATA PROCESSING (DDP)	עיבוד נתונים מבוזר (ענ"מ)
BATCH PROCESSING	עיבוד באצווה
ON-LINE PROCESSING	עיבוד מקוון
PROCESSOR	מעבד
FRONT END PROCESSOR	מחשב קדמי
PRODUCTION	ייצור
PROGRAM	תוכנית
CONTROL PROGRAM	תוכנית בקרה
GENERATING PROGRAM	תוכנית מחוללת
APPLICATION PROGRAM	תוכנית יישום
EMULATION PROGRAM	תוכנית חיקוי ותאום
NETWORK CONTROL PROGRAM (NCP)	תוכנית בקרת רשת
INITIAL PROGRAM LOAD (IPL)	טעינת מערכת ההפעלה
RESIDENT PROGRAM	תוכנית קבועה (בזכרון)
TRANSIENT PROGRAM	תוכנית מעבר (בזכרון)
PROPAGATION DELAY	השהיית התקדמות
PROTECTION	אבטחה
PHYSICAL PROTECTION	אבטחה פיסית
PROTOCOL	נוהל
LINK PROTOCOL	נוהל חוליה
LINE PROTOCOL	נוהל קו
PUBLIC DATA NETWORK (PDN)	רשת נתונים ציבורית
PULSE, IMPULSE	דופק
PULSE TRAIN, PULSE STRING	סדרת דפקים
CLOCK SIGNAL, CLOCK PULSE	אות (קוצב זמן)
PULSE AMPLITUDE MODULATION (PAM)	אפנון משרעת הדופק
PULSE DURATION MODULATION (PDM)	אפנון משך הדופק
PULSE CODE MODULATION (PCM)	אפנון קוד הדופק
PULSE POSITION MODULATION (PPM)	אפנון מיקום הדופק
QUEUE	תור
RASTER	אות סורק
RATE	קצב
DATA SIGNALLING RATE	קצב סיביות
READY	מוכן
DATA SET READY (DSR)	אות אישור של מודם פועל
DATA TERMINAL READY (DTR)	אות אישור של מסוף פועל
REAL-TIME	זמן ממשי
RECEIVING SIGNAL ELEMENT TIMING	תזמון אות מתקבל
RECOVERY	שיקום
RECOVERY PROCEDURE	תהליך שיקום
REDUNDANCY	עודף, יתר (סיביות מיותרות עקב שיבושי תמסורת)
VERTICAL REDUNDANCY CHECK (VRC)	קוד ביקורת אנכית (של זוגיות סיביות בתו)
LONGITUDINAL REDUNDANCY CHECK (LRC)	קוד ביקורת אורכית (של גוש נתונים)

CYCLIC REDUNDANCY CHECK (CRC)	קוד ביקורת מחזורית (של גוש נתונים)
REENTRANT TASK	משימה רבת-משתמשים
REMOTE	מרוחק
REMOTE JOB ENTRY (RJE)	שילוח עבודות רחק (סע"ר)
CONVERSATIONAL REMOTE JOB ENTRY (CRJE)	שילוח עבודות רחק בהידברות
REQUEST TO SEND (RTS)	אות בקשה לשידור
RESIDENT PROGRAM	תוכנית קבועה (בזכרון)
RESOLUTION	הפרדה
RESPONSE	תגובה
POSITIVE RESPONSE	תגובה חיובית (להזמנה לשידור)
NEGATIVE RESPONSE	תגובה שלילית (להזמנה לשידור)
RESTART POINT	נקודת מחזר
RETURN	חזרה
CARRIAGE RETURN CHARACTER (CR)	תו חזרת גרר
NON RETURN TO ZERO INVERTED (NRZI)	טכניקת שידור נתונים
REUSABLE	ניתן לשימוש חוזר (למשל, קטע תוכנית)
SERIALLY REUSABLE TASK	משימה לעיבוד בטור (שימוש חוזר)
REVERSE IMAGE	תצוגת הופכית (נגטיב במרקע)
ROTATIONAL DELAY	השהיית הסיבוב
ROUTE, PATH	נתיב
ROUTING	ניתוב
SCREEN	מרקע, מסך (של המצג)
SECONDARY STATION	תחנה משנית
SECTOR	קטע, גזרה (בדיסק)
EEK	חיפוש
GMENTATION	קיטוע
LECTING ,ADDRESSING	הזמנה לקליטה, מעינה
ND	לשלוח (לשדר)
CLEAR TO SEND (CTS)	אות "מוכן לשדר"
REQUEST TO SEND (RTS)	אות בקשה לשידור
SEQUENCING	סידור
PACKET SEQUENCING	סידור (תור) מנות
SEQUENTIAL	סדרתי
SEQUENTIAL OPERATION	פעולה סדרתית
SEQUENTIAL CIRCUIT	מעגל סדרתי
SERIAL	טורני
SERIAL TRANSMISSION	תמסורת בטור
SERIALLY REUSABLE TASK	משימה לעיבוד בטור (שימוש חוזר)
SHARING	שיתוף
TIME SHARING	שיתוף זמן
SHIFT	היסט
FREQUENCY SHIFT	היסט תדר
FREQUENCY SHIFT KEYING (FSK)	אפנון תדירות
DIFFERENTIAL PHASE SHIFT KEYING (DPSK)	אפנון מופע
SIGN-ON, LOG-OFF	פעולה להפסקת ההתקשרות (מסוף למחשב)
SIGN-ON, SIGN-OFF	פעולה להתחלת ההתקשרות (מסוף למחשב)
SIGNAL	אות (אותות), ז.
CLOCK SIGNAL, CLOCK PULSE	אות (קוצב זמן)
START ELEMENT, START SIGNAL	אות פתח
STOP ELEMENT, STOP SIGNAL	אות פסק
CONTROL SIGNAL	אות בקרה
ANALOG SIGNAL	אות אנלוגי
SIGNAL TO NOISE RATIO (S/N)	יחס אות לרעש
TRANSMITTED SIGNAL ELEMENT TIMING	זימון אות משודר
RECEIVING SIGNAL ELEMENT TIMING	זימון אות מתקבל
DATA SIGNALLING RATE	קצב סיביות
SIMPLEX TRANSMISSION	תמסורת חד-סטרית,חד-מגמית
SIMULTANEOUS	בו-רגעי
SINK	קולט
DATA SINK	קולט נתונים
SLAVE STATION	תחנה מקבלת
SOFTWARE	תוכנה
SOURCE	מקור
DATA SOURCE	מקור נתונים
STAND ALONE (TERMINAL)	(מסוף) עצמאי
STANDARD	סטנדרטי
AMERICAN STANDARD CODE FOR	קוד אמריקאי סטנדרטי להחלפת מידע (קוד תוים)

INFORMATION INTERCHANGE (ASCII)	
START OF HEADING CHARACTER (SOH)	תו תחילת כותרת (ת"כ)
START OF TEXT CHARACTER (STX)	תו תחילת גוף הודעה (תג"ה)
START ELEMENT, START SIGNAL	אות פתח
START-STOP TRANSMISSION	תמסורת פתח-פסק
STATION	תחנה
DATA STATION	תחנת נתונים
CONTROL STATION	תחנה מנהלת
MASTER STATION	תחנה מוסרת
SLAVE STATION	תחנה מקבלת
PASSIVE STATION	תחנה ממתינה
PRIMARY STATION	תחנה ראשונית
SECONDARY STATION	תחנה משנית
WORK STATION	תחנת עבודה
STOP ELEMENT, STOP SIGNAL	אות פסק
STORE-AND-FORWARD MODE	(אופן) תמסורת בתיווך (אוגר)
SUBVOICE GRADE	(אפיקים) צרי-סרט
SWITCHED	ממותג
CIRCUIT SWITCHED CONNECTION	חיבור במיתוג ישיר
PACKET SWITCHED NETWORK (PSN)	רשת מיתוג מנות
SWITCHING	מיתוג
MESSAGE SWITCHING	מיתוג מסרים, מיתוג תשדורות
CIRCUIT SWITCHING	מיתוג ישיר
PACKET SWITCHING	מיתוג מנות
SWITCHING TIME	זמן מיתוג
LINE SWITCHING	מיתוג קוים
DATA SWITCHING EQUIPMENT (DSE)	ציוד מיתוג נתונים
SYNCHRONOUS	סינכרוני
SYNCHRONOUS IDLE CHARACTER (SYN)	תו סרק סינכרוני
SYNCHRONOUS TRANSMISSION	תמסורת סינכרונית
SYNCHRONOUS DATA LINK CONTROL (SDLC)	בקרה סינכרונית (משטר-קו)
BINARY SYNCHRONOUS COMMUNICATION (BSC)	תקשורת סינכרונית בקוד בינרי
SYSTEM	מערכת
OPERATING SYSTEM	מערכת הפעלה
SYSTEM GENERATION	יצירת מערכת
HOST SYSTEM	מערכת מארחת (מרכזית)
SYSTEM LIFE CYCLE	מחזור-חיים של מערכת
TAIL CIRCUIT	מעגל זנב
TASK	משימה
SERIALLY REUSABLE TASK	משימה לעיבוד בטור
REENTRANT TASK	משימה רבת-משתמשים
TELECOMMUNICATION	בזק
TELEPROCESSING	עיבוד-רחק
TERMINAL	מסוף
DATA TERMINAL EQUIPMENT (DTE)	מסוף (מסוף נתונים)
DATA TERMINAL READY (DTR)	אות אישור של מסוף פועל
DATA CIRCUIT TERMINATING EQUIPMENT (DCE)	סיים מעגל נתונים (סמ"נ)
TEXT	תמליל
START OF TEXT CHARACTER (STX)	תו תחילת גוף הודעה (תג"ה)
END OF TEXT CHARACTER (ETX)	תו סוף גוף הודעה (סג"ה)
CIPHER TEXT	תמליל מוצפן
CLEAR TEXT	תמליל מובן
TIME	זמן
TIME FRAME	תקופה, תקופת מחזור
ACCESS TIME	משך גישה
SWITCHING TIME	זמן מיתוג
WAITING TIME	משך המתנה
TIME DIVISION MULTIPLEXING (TDM)	ריבוב חלוקת זמן
TIME SHARING	שיתוף זמן
TRACK	ערוץ, מסילה (בדיסק)
TRANSACTION	תנועה
TRANSIENT PROGRAM	תוכנית מעבר (בזכרון)
TRANSMISSION	תמסורת, שידור
TRANSMISSION CONTROL CHARACTER	תו בקרת שידור
END OF TRANSMISSION CHARACTER (EOT)	תו סוף שידור (ס"ש)
END OF TRANSMISSION BLOCK CHARACTER (ETB)	תו סוף שידור גוש נתונים
DATA TRANSMISSION	תמסורת נתונים
SYNCHRONOUS TRANSMISSION	תמסורת סינכרונית

ASYNCHRONOUS TRANSMISSION	תמסורת אסינכרונית
START-STOP TRANSMISSION	תמסורת פתח-פסק
PARALLEL TRANSMISSION	תמסורת במקביל
SERIAL TRANSMISSION	תמסורת בטור
BURST TRANSMISSION	תמסורת צרורות
SIMPLEX TRANSMISSION	תמסורת חד-סטרית,חד-מגמית
HALF-DUPLEX TRANSMISSION	תמסורת דו-מגמית למחצה
DUPLEX TRANSMISSION (FULL DUPLEX)	תמסורת דו-מגמית
DATA TRANSMISSION LINE	קו תמסורת נתונים
TRANSMISSION CONTROL UNIT	יחידת בקרה לתמסורת
TRANSMITTED SIGNAL ELEMENT TIMING	זימון אות משודר
TUBE	שפופרת
CATHODE RAY TUBE (CRT)	שפופרת קרן קתודית (מרקע)
UNIT	יחידה
CONTROL UNIT	יחידת בקרה
PHYSICAL UNIT	יחידה פיסית
LOGICAL UNIT	יחידה לוגית
AUTOMATIC CALLING UNIT	אביזר לחיוג אוטומטי
COMMUNICATION CONTROL UNIT	יחידת בקרה לתקשורת
TRANSMISSION CONTROL UNIT	יחידת בקרה לתמסורת
DISPLAY UNIT	מצג (מסוף בעל מרקע ומקלדת)
USER	משתמש, צרכן
USER-ID (CHARACTER)	(תו) זיהוי משתמש
VERTICAL REDUNDANCY CHECK(VRC)	קוד ביקורת אנכית (של זוגיות סיביות בתו)
VIRTUAL CIRCUIT	מעגל בפועל
VOICE GRADE	(אפיקי) דיבור
WAITING TIME	משך המתנה
WIRE	תיל
WORK STATION	תחנת עבודה



עולם ללא מחשבים

- איך מתכננים מערכת עיבוד בתקשורת?
- איך נוצר הקשר בין מסוף למחשב ובין מסוף ליישום?
- מהם רכיבי החומרה והתוכנה במערכת תקשורת?
- מהי רשת מחשבים ומהו עיבוד נתונים מבוזר?

מערכות תקשורת נתונים נועד להכשיר מנתחי מערכות המתכננים מערכות תקשורת נתונים, להדריך מפקחי רשתות, לסייע למשתמשים, להציג את דרישותיהם ולהשתתף בשלבי פיתוח ותכנון של מערכות יישומים בתקשורת.

הספר ערוך על פי תוכניות הלימודים המומלצות והמופעלות בקורסים נבחרים למנתחי מערכות ובבתי־הספר המקצועיים בהם לומדים את הנושא.



אריה סקופ

יליד 1946, .BSc באלקטרוניקה ו- MSc במחשבים מטעם הטכניון. מנהל מחלקת מחשבי HP במוטורולה ישראל ואחראי לשיווק, הנדסת־מערכות ושירות של מחשבי יולט-פקרד בישראל.

היה קצין פרויקטים בחיל האויר שם ניהל פיתוח חומרה ותוכנה למערכות ממוחשבות. עבד כעשר שנים בחברת י.ב.מ. ישראל בתחומי הנדסת־מערכות ותכנון ופיתוח יישומי מערכות מחשבים ותוכנה עתירי תקשורות נתונים. הרצה בקורסים אוניברסיטאיים ובמכון לפריון העבודה והייצור.

ספרים נוספים בהוצאתנו:

1. המחשב האלקטרוני ועיבוד הנתונים, מאת י' עמיהוד
2. *תכנון ותכנות יישומי מחשבים, מאת י' עמיהוד
3. *הקלט למחשב, מאת ס' מצפי
4. *יסודות בניתוח ותכנון מערכות מידע, מאת י' עמיהוד וי' קורפל

*באישור משרד החינוך